



(10) **DE 11 2020 007 291 T5** 2023.04.20

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/245866**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 007 291.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/022063**
(86) PCT-Anmeldetag: **04.06.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **09.12.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **20.04.2023**

(51) Int Cl.: **G06F 30/337 (2020.01)**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE**

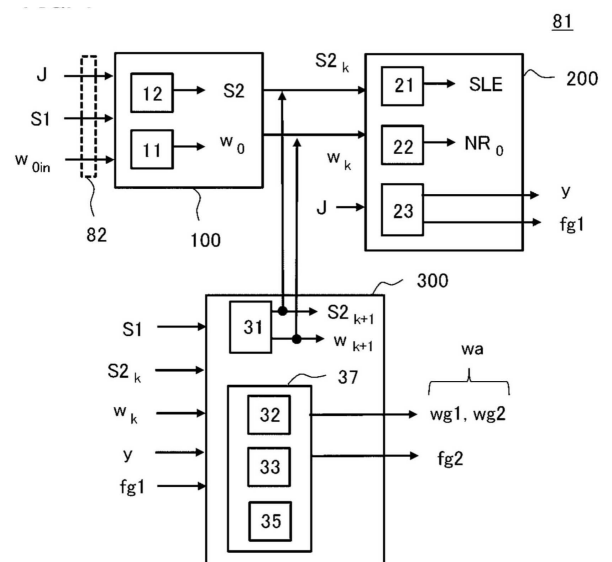
(72) Erfinder:
**Hattori, Junya, Tokyo, JP; Endo, Masaya, Tokyo,
JP; Omagari, Yuko, Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **OPTIMAL-LÖSUNG-BERECHNUNGSVORRICHTUNG FÜR EIN OPTIMIERUNGSPROBLEM UND
OPTIMAL-LÖSUNG-BERECHNUNGSVERFAHREN FÜR EIN OPTIMIERUNGSPROBLEM**

(57) Zusammenfassung: Eine Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem berechnet eine Lösung für ein eingegebenes Optimierungsproblem über die Verarbeitung durch eine Aktualisierungseinheit. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem umfasst eine Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit zum Erzeugen einer ausführbaren Anfangslösung und einer Gleichheits-Beschränkungsmenge in Bezug auf ein Optimierungsproblem, eine Optimierungs-Berechnungseinheit zum Berechnen einer Lösung einer simultanen linearen Gleichung, die aus einer Bewertungsfunktion erzeugt wird, und zum Berechnen einer bewerteten Lösung, die eine Lösung zum Minimieren oder Maximieren der Bewertungsfunktion ist, und die Aktualisierungseinheit. Eine Konvergenzbestimmungseinheit der Optimierungs-berechnungseinheit bestimmt, dass eine iterative Lösung konvergiert hat, wenn eine Restnorm gleich oder kleiner als ein Konvergenzbestimmungsschwellenwert ist, der ein größerer von einem voreingestellten ersten Schwellenwert und einem zweiten Schwellenwert ist, der auf der Basis eines Relaxationsparameters und einer anfänglichen Restnorm eingestellt ist, und die iterative Lösung, für die bestimmt wurde, dass sie konvergiert hat, als die bewertete Lösung ausgibt. Die Aktualisierungseinheit bestimmt die bewertete Lösung als optimale Lösung, wenn eine Aktualisierung des Gleichheitsrestriktionssatzes als unnötig befunden wird und der Schwellenwert für die Konvergenzbestimmung der erste Schwellenwert ist, und gibt die optimale Lösung als eine Ausgabelösung aus, die eine Lösung des Optimierungsproblems ist.



Beschreibung

Zitierliste

Technisches Gebiet

Patentschrift

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft eine Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem und ein Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem.

[0004] Patentdokument 1: Japanische Patentanmeldung Veröffentlichungsschrift Nr. 2004-310375

Hintergrund

Zusammenfassung der Erfindung

Aufgabenstellung der Erfindung

[0002] Der Entwurf eines Produkts wird durchgeführt, um dessen Form, Anordnung usw. zu optimieren. Beim Entwurf eines Steuerverfahrens wird ein optimaler Prozess konstruiert, um ein Steuerziel mit einer vorgegebenen Genauigkeit zu steuern. Daher können der Entwurf eines Produkts und der Entwurf eines Steuerverfahrens als ein Vorgang zur Lösung eines Optimierungsproblems verstanden werden. Patentdokument 1 offenbart ein Verfahren zur optimalen Strukturauslegung und eine Vorrichtung zur optimalen Strukturauslegung für eine Struktur, die Beispiele für eine Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem und ein Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem sind, nämlich eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Lösung eines Optimierungsproblems. Das Verfahren zur optimalen Strukturauslegung des Patentdokuments 1 ist ein Verfahren zur Lösung eines zweistufigen Strukturoptimierungsproblems, das ein Verfahren zur Lösung eines Optimierungsproblems eines Zustandsvariablenvektors für jeden Iterationsschritt eines Optimierungsproblems eines Entwurfsvariablenvektors ist. Die in der Patentschrift 1 offenbarte Vorrichtung zur optimalen Strukturauslegung weist ein erstes Lösungsmittel zum Lösen eines Optimierungsproblems eines ersten Bewertungsfunktional in Bezug auf den Zustandsvariablenvektor und den Entwurfsvariablenvektor und ein zweites Lösungsmittel zum Lösen eines Optimierungsproblems eines zweiten Bewertungsfunktional in Bezug auf den Zustandsvariablenvektor und den Entwurfsvariablenvektor auf und löst ein strukturelles optimales Auslegungsproblem, das als ein zweistufiges Optimierungsproblem formuliert ist.

[0003] In der strukturellen optimalen Entwurfsvorrichtung des Patentdokuments 1 ist das zweite Bewertungsfunktional des zweiten Lösungsmittels mit einer Norm eines Restvektors konfiguriert, und die Konvergenzbestimmung bei der Berechnung in dem Optimierungsproblem des zweiten Bewertungsfunktional wird bestimmt, indem bestätigt wird, dass das Quadrat der Norm des Restvektors kleiner als ein voreingestellter Konvergenzbestimmungsschwellenwert ist.

[0005] In der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem, wie sie in Patentdokument 1 offenbart ist, wird die Konvergenzbestimmung auf der Basis der Größen einer Restnorm und eines voreingestellten Konvergenzbestimmungsschwellenwertes durchgeführt. Es besteht jedoch das Problem, dass der Konvergenzbestimmungsschwellenwert aufgrund des Einflusses eines Berechnungsfehlers, der in dem Restvektor enthalten ist, nicht erfüllt wird, wobei der Fehler durch einen Rundungsfehler oder dergleichen zum Zeitpunkt der Berechnung verursacht wird, und eine konvergierte Lösung möglicherweise nicht erhalten wird, selbst wenn die iterative Berechnung wiederholt wird.

[0006] Ein Ziel der in der vorliegenden Spezifikation offengelegten Technik ist es, eine konvergierte Lösung in einer Situation zu erhalten, in der ein in einem Restvektor enthaltener Berechnungsfehler die Berechnung einer Lösung beeinflusst.

Mittel zur Lösung der Aufgabe

[0007] Ein Beispiel für eine Vorrichtung zur Berechnung einer optimalen Lösung für ein Optimierungsproblem, die in der vorliegenden Anwendung offenbart wird, ist eine Vorrichtung zur Berechnung einer optimalen Lösung für ein Optimierungsproblem, die eine Lösung für ein eingegebenes Optimierungsproblem über die Verarbeitung durch eine Aktualisierungseinheit berechnet. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem umfasst: eine Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit, um als Eingaben einen Ungleichheits-Beschränkungssatz, der ein Satz von Ungleichheits-Beschränkungen in Bezug auf das Optimierungsproblem ist, eine Bewertungseinheit und eine Anfangslösung zu erfassen, eine ausführbare Anfangslösung zu erzeugen, die alle Ungleichheits-Beschränkungen in dem Ungleichheits-Beschränkungssatz auf der Grundlage der Anfangslösung erfüllt, und einen Gleichheits-Beschränkungssatz aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz in Bezug auf die ausführbare Anfangslösung zu erzeugen, wobei der Gleichheits-Beschränkungssatz ein Satz von Gleichheits-Beschränkungen ist, bei denen ein Gleichheitszeichen gilt; eine Optimierungsberechnungseinheit zum Berechnen einer

Lösung einer simultanen linearen Gleichung, die aus dem Gleichheitsbeschränkungssatz und der Bewertungsfunktion erzeugt wird, in Bezug auf eine Eingabelösung, die die ausführbare Anfangslösung für ein erstes Mal oder eine durch die Aktualisierungseinheit für ein nächstes Mal oder später aktualisierte Lösung ist, und zum Berechnen einer bewerteten Lösung, die die Bewertungsfunktion minimiert oder maximiert; und die Bewertungseinheit, um die von der Optimierungsberechnungseinheit ausgegebene bewertete Lösung zu bestimmen, den Gleichheitsbeschränkungssatz zu erzeugen, der durch Aktualisieren der von der bewerteten Lösung zu erfüllenden Zwänge aus dem Gleichheitsbeschränkungssatz aktualisiert wird, und die auf der Grundlage der Eingabelösung und der bewerteten Lösung, die vorherige Lösungen sind, aktualisierte Eingabelösung zu erzeugen. Die Berechnungseinheit für die Optimierung umfasst: eine Anfangsnorm-Berechnungseinheit Norm, um eine anfängliche Restnorm aus einem anfänglichen Restvektor zu berechnen, der eine Differenz zwischen einem Vektor einer linken Seite der simultanen linearen Gleichung und einem Vektor einer rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die Eingabelösung ist; eine Iterativ-Lösung-Berechnungseinheit, um ein iteratives Verfahren durchzuführen und eine iterative Lösung zu berechnen, wobei die iterative Lösung eine Lösung für jede Iterationszahl der simultanen linearen Gleichung ist; eine Normberechnungseinheit zum Berechnen einer Restnorm aus einem Restvektor, wobei der Restvektor eine Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die von der Iterativ-Lösung-Berechnungseinheit berechnete iterative Lösung ist; und eine Konvergenzbestimmungseinheit, um zu bestimmen, dass die iterative Lösung konvergiert hat, wenn die Restnorm gleich oder kleiner als ein Konvergenzbestimmungsschwellenwert ist, wobei der Konvergenzbestimmungsschwellenwert ein größerer von einem voreingestellten ersten Schwellenwert und einem zweiten Schwellenwert ist, die auf der Grundlage eines Relaxationsparameters und der anfänglichen Restnorm eingestellt sind, und um die iterative Lösung, für die bestimmt wurde, dass sie konvergiert hat, als die bewertete Lösung auszugeben. Die Aktualisierungseinheit bestimmt die bewertete Lösung als optimale Lösung, wenn eine Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes für unnötig befunden wird und der Schwellenwert für die Konvergenzbestimmung der erste Schwellenwert ist, und gibt die optimale Lösung als Ausgangslösung aus, die eine Lösung für das Optimierungsproblem ist.

Effekt der Erfindung

[0008] In einem Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem,

das in der vorliegenden Spezifikation offenbart ist, bestimmt die Konvergenzbestimmungseinheit, dass eine iterative Lösung konvergiert hat, wenn die Restnorm gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert ist, der der größere des voreingestellten ersten Schwellenwerts und des zweiten Schwellenwerts ist, der auf der Basis des Relaxationsparameters und der anfänglichen Restnorm eingestellt ist, und gibt die iterative Lösung, für die festgestellt wurde, dass sie konvergiert hat, als die bewertete Lösung aus, und wenn festgestellt wird, dass eine Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes unnötig ist und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der erste Schwellenwert ist, bestimmt die Aktualisierungseinheit die bewertete Lösung als die optimale Lösung, so dass eine konvergierte Lösung in einer Situation erhalten werden kann, in der ein im Restvektor enthaltener Berechnungsfehler die Berechnung der Lösung beeinflusst.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Diagramm, das einen Funktionsblock in einer Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das beispielsweise eine Hardwarekonfiguration der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das einen Funktionsblock einer Berechnungseinheit für eine bewertete Lösung in **Fig. 1** zeigt.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das einen Betriebsablauf der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem in **Fig. 1** zeigt.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das den Betriebsablauf einer Einheit zur Erzeugung von Anfangsbedingungen in **Fig. 1** zeigt.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das den Arbeitsablauf einer Berechnungseinheit für die Optimierung in **Fig. 1** zeigt.

Fig. 7 ist ein Diagramm, das den Betriebsablauf der Berechnungseinheit für die bewertete Lösung in **Fig. 3** zeigt.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein erstes Beispiel eines Betriebsablaufs in einer Aktualisierungseinheit von **Fig. 1** zeigt.

Fig. 9 ist ein Diagramm, das ein zweites Beispiel für einen Betriebsablauf in der Aktualisierungseinheit von **Fig. 1** zeigt.

Fig. 10 ist ein Diagramm, das ein drittes Beispiel für einen Betriebsablauf in der Aktualisierungseinheit von **Fig. 1** zeigt.

Fig. 11 ist ein Diagramm, das ein erstes Beispiel für einen Funktionsblock in einer Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein zweites Beispiel für einen Funktionsblock in einer Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Ausführungsformen der Erfindung

Ausführungsform 1

[0009] **Fig. 1** ist ein Diagramm eines Funktionsblocks in einer Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 1. **Fig. 2** ist ein Diagramm, das beispielsweise eine Hardware-Konfiguration der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 1 zeigt. **Fig. 3** ist ein Diagramm, das einen Funktionsblock einer Berechnungseinheit für eine bewertete Lösung von **Fig. 1** zeigt. **Fig. 4** ist ein Diagramm, das einen Betriebsablauf der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem in **Fig. 1** zeigt, **Fig. 5** ist ein Diagramm, das einen Betriebsablauf einer Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit von **Fig. 1** erzeugt, und **Fig. 6** ist ein Diagramm, das einen Betriebsablauf einer Optimierungsberechnungseinheit von **Fig. 1** zeigt. **Fig. 7** ist ein Diagramm, das den Betriebsablauf der Berechnungseinheit für die bewertete Lösung von **Fig. 3** zeigt, und **Fig. 8** ist ein Diagramm, das ein erstes Beispiel eines Betriebsablaufs in einer Aktualisierungseinheit von **Fig. 1** zeigt. **Fig. 9** ist ein Diagramm, das ein zweites Beispiel für einen Betriebsablauf in der Aktualisierungseinheit von **Fig. 1** zeigt, und **Fig. 10** ist ein Diagramm, das ein drittes Beispiel für einen Betriebsablauf in der Aktualisierungseinheit von **Fig. 1** zeigt. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 1 wird durch eine Steuereinheit implementiert, die in eine Vorrichtung eingebaut ist, die das Optimierungsproblem lösen muss. Wenn beispielsweise ein Optimierungsproblem, das ein Fahrzeug betrifft, gelöst werden soll, beispielsweise wenn ein Optimierungsproblem gelöst werden soll, das das Fahrzeug veranlasst, einer Zielroute zu folgen, oder wenn ein Problem zur Optimierung des Kraftstoffverbrauchs gelöst werden soll, wird die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung in einer Steuereinheit installiert, die am Fahrzeug angebracht ist. Wenn ein Optimierungsproblem zur Optimierung des Betriebs einer Fabrik gelöst werden soll, wird sie in eine Steuereinheit eingebaut, die an einer Steuervorrichtung der Fabrik montiert ist. Wie oben beschrieben, ist die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem gemäß einem

in der Spezifikation der vorliegenden Anmeldung offengelegten Beispiel eine Vorrichtung, die eine Lösung für ein Optimierungsproblem in einem Fall berechnet, in dem ein Ziel des Optimierungsproblems nicht begrenzt ist und verschiedene Optimierungsprobleme gegeben sind.

[0010] **Fig. 2** zeigt ein Beispiel für eine Hardware-Konfiguration der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem umfasst eine Schnittstelle 82 zum Erfassen verschiedener Optimierungsprobleme und zum Ausgeben von Berechnungsergebnissen der erfassten Optimierungsprobleme, einen Prozessor 83 zum Berechnen einer optimalen Lösung für ein Optimierungsproblem und einen Speicher 84 zum Speichern eines Programms zum Lösen eines Optimierungsproblems, von Berechnungsdaten und dergleichen. Ein Funktionsblock der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem wird durch den Prozessor 83 implementiert, der das im Speicher 84 gespeicherte Programm ausführt. Darüber hinaus können eine Vielzahl von Prozessoren 83 und eine Vielzahl von Speichern 84 jede Funktion in Zusammenarbeit miteinander ausführen.

[0011] Ein Funktionsblock und ein Betriebsablauf der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 1 wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 4** beschrieben. Im Folgenden wird die Berechnung einer optimalen Lösung eines Optimierungsproblems zur Minimierung einer Bewertungsfunktion J beschrieben. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem wird gegebenenfalls einfach als Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung bezeichnet. Es ist zu beachten, dass im Falle der Berechnung einer optimalen Lösung eines Optimierungsproblems, bei dem die Bewertungsfunktion J maximiert wird, das Problem als ein Optimierungsproblem behandelt werden kann, bei dem die Bewertungsfunktion J minimiert wird, indem die Bewertungsfunktion J mit -1 multipliziert wird, um ihr Zeichen zu invertieren. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 umfasst eine Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit 100, eine Optimierungsberechnungseinheit 200 und eine Aktualisierungseinheit 300. Die Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit 100 erzeugt Eingabedaten, die eine Anfangsbedingung für die Berechnung einer Lösung eines Optimierungsproblems durch iterative Berechnungen der Optimierungsberechnungseinheit 200 für ein gegebenes Optimierungsproblem, d.h. ein eingegebenes Optimierungsproblem, enthalten. Die Optimierungsberechnungseinheit 200 berechnet eine bewertete Lösung y , bei der es sich um eine konvergierte Lösung oder eine nicht-konvergierte Lösung handelt, auf der Grundlage der Eingabe-

bedaten, die die von der Anfangsbedingungserzeugungseinheit 100 erzeugte Anfangsbedingung enthalten, oder der Eingabedaten, die eine von der Aktualisierungseinheit 300 aktualisierte Aktualisierungsbedingung enthalten. Die bewertete Lösung y ist zumindest eine Lösung, die nicht divergiert, und enthält eine Lösung, die sich der Konvergenz nähert, aber einen oberen Grenzwert für eine iterative Lösungsberechnungszahl erreicht hat.

[0012] Wenn es eine Bedingung gibt, die die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 berechnete bewertete Lösung y erfüllen muss, aktualisiert die Aktualisierungseinheit 300 erneut die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 verwendeten Eingabedaten und gibt eine Ausgabelösung w_a aus, die eine optimale Lösung w_{g1} oder eine quasi-optimale Lösung w_{g2} enthält, wenn die bewertete Lösung y eine Bestimmungsbedingung erfüllt. Die optimale Lösung w_{g1} ist eine Lösung, die eine vorgegebene erste Toleranz der Lösung erfüllt, und die quasi-optimale Lösung w_{g2} ist eine Lösung, die eine vorgegebene zweite Toleranz der Lösung erfüllt und weniger streng als die erste Toleranz ist. Die Eingangsdaten, die in die Optimierungsberechnungseinheit 200 eingegeben werden, sind eine Lösung w_k und ein Gleichheitsbeschränkungssatz $S2_k$. Die von der Einheit 100 zur Erzeugung von Anfangsbedingungen erzeugten Eingabedaten sind eine ausführbare Anfangslösung w_0 und eine anfängliche Gleichheitsbeschränkung $S2$. Die Eingabedaten, die die von der Einheit zur Erzeugung der Anfangsbedingung 100 erzeugte Anfangsbedingung enthalten, werden als Anfangseingabedaten bezeichnet, und die Eingabedaten, die die von der Aktualisierungseinheit 300 aktualisierte Aktualisierungsbedingung enthalten, werden als aktualisierte Eingabedaten bezeichnet. Die ausführbare Anfangslösung w_0 und der anfängliche Gleichheitsbeschränkungssatz $S2$ werden der Optimierungsberechnungseinheit 200 als anfängliche Eingabedaten eingegeben. Zum Zeitpunkt der zweiten und der folgenden Berechnungen werden die Lösung w_k und der Gleichheitsbeschränkungssatz $S2_k$ in die Optimierungsberechnungseinheit 200 als aktualisierte Eingabedaten eingegeben.

[0013] Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 führt einen Schritt zur Erzeugung einer Anfangsbedingung im Schritt ST1, einen Schritt zur optimalen Berechnung im Schritt ST2 und einen Aktualisierungsschritt im Schritt ST3 aus. Im Schritt ST1 erzeugt die Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit 100 der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 die anfänglichen Eingabedaten, nämlich die ausführbare Anfangslösung w_0 und den anfänglichen Gleichheitsbeschränkungssatz $S2$ für das gegebene Optimierungsproblem (Anfangsbedingungen-Erzeugungsschritt). Im Schritt ST2 berechnet die Optimal-Lösung-

Berechnungsvorrichtung 81 mindestens eine nicht-divergente bewertete Lösung y auf der Grundlage der im Schritt zur Erzeugung der Anfangsbedingung erzeugten Anfangs-Eingangsdaten oder der im Aktualisierungsschritt des Schritts ST3 aktualisierten Aktualisierungs-Eingangsdaten, nämlich der Lösung w_k und des Gleichheits-Zwangssatzes $S2_k$ (Optimal-Berechnungsschritt). Im Schritt ST3 aktualisiert die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81, wenn es eine Bedingung gibt, die von der im Optimal-Berechnungsschritt berechneten bewerteten Lösung y erfüllt werden muss, die in der Berechnung des Optimal-Berechnungsschritts verwendeten Eingangsdaten erneut, und wenn die bewertete Lösung y die Bestimmungsbedingung erfüllt, gibt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 die Ausgabelösung w_a aus, die die optimale Lösung w_{g1} oder die quasi-optimale Lösung w_{g2} enthält (Aktualisierungsschritt).

[0014] Die Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit 100 erfasst die Bewertungsfunktion J des Optimierungsproblems, ausgedrückt durch Gleichung (1), einen Satz von Ungleichheits-Beschränkungen, ausgedrückt durch Gleichung (2), also einen Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$, und eine Anfangslösung w_0 in als Eingaben des Optimierungsproblems über die Schnittstelle 82. Der Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$, die Bewertungsfunktion J und die Anfangslösung w_0 in sind Eingangsbedingungen für das Optimierungsproblem. In Gleichung (1) ist w ein Lösungsvektor und w^T ist ein transponierter Lösungsvektor. H ist eine erste Bedingungs-matrix, und h^T ist ein Anpassungszeilenvektor. C^T ist eine Constraint-Matrix und b ist ein Constraint-Vektor. Obwohl Gleichung (2) als obere Grenzwertbeschränkung dargestellt wird, kann eine untere Grenzwertbeschränkung eingeschlossen werden. Im Falle der Untergrenzenbeschränkung kann die Beschränkungsgleichung durch Multiplikation beider Seiten der Beschränkungsgleichung mit 1 zur Umkehrung des Zeichens als Obergrenzenbeschränkung behandelt werden, wie in Gleichung (2) gezeigt.

[Gleichung 1]

$$J = \frac{1}{2} w^T H w + h^T w \quad (1)$$

[Gleichung 2]

$$C^T w \leq b \quad (2)$$

[0015] Ein Funktionsblock und ein Betriebsablauf der Einheit zur Erzeugung von Anfangsbedingungen 100 werden unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 5** beschrieben. Die Anfangsbedingungen-Erzeugungseinheit 100 umfasst eine Anfangslösungs-Erzeugungseinheit 11, die die ausführbare Anfangslösung w_0 erzeugt, und eine Gleichheits-Beschränkungssatz-Erzeugungseinheit 12, die den Gleichheits-

Beschränkungssatz S2 aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz S1 erzeugt. Die Einheit 100 zur Erzeugung der Anfangsbedingung führt einen Schritt zur Erzeugung einer Anfangslösung im Schritt ST11 und einen Schritt zur Erzeugung einer Gleichheitsbedingungsmenge im Schritt ST12 aus. Der Schritt zur Erzeugung einer Anfangslösung in Schritt ST11 wird von der Einheit zur Erzeugung einer Anfangslösung 11 ausgeführt, und der Schritt zur Erzeugung einer Gleichheitsbedingungsmenge in Schritt ST12 wird von der Einheit zur Erzeugung einer Gleichheitsbedingungsmenge 12 ausgeführt. Im Schritt ST11 erzeugt die Anfangslösungserzeugungseinheit 11 die ausführbare Anfangslösung w_0 (Anfangslösungserzeugungsschritt). Wenn die Anfangslösung w_0 in die Einheit zur Erzeugung von Anfangsbedingungen 100 eingegeben wird, den Ungleichheits-Beschränkungssatz S1 erfüllt, setzt die Einheit zur Erzeugung von Anfangslösungen 11 die eingegebene Anfangslösung w_0 als ausführbare Anfangslösung w_0 . Wenn die Anfangslösung w_0 in den Ungleichheits-Beschränkungssatz S1 nicht erfüllt und nicht ausführbar ist, erzeugt die Anfangslösungs-Erzeugungseinheit 11 eine ausführbare Anfangslösung w_0 , die den Ungleichheits-Beschränkungssatz S1 erfüllt.

[0016] Im Schritt ST12 extrahiert die Gleichheits-Beschränkungssatz-Erzeugungseinheit 12 nur die Beschränkungen, in denen das Gleichheitszeichen im Ungleichheits-Beschränkungssatz S1 in Bezug auf die ausführbare Anfangslösung w_0 gilt, und erzeugt den Gleichheits-Beschränkungssatz S2, der ein Satz von Gleichheits-Beschränkungen ist, wie in Gleichung (3) gezeigt (Gleichheits-Beschränkungssatz-Erzeugungsschritt).
[Gleichung 3]

$$A_0^T w_0 = b \quad (3)$$

[0017] Die rechte Seite b von Gleichung (3) ist der Constraint-Vektor, in dem ein Gleichheitszeichen in der ausführbaren Ausgangslösung w_0 gilt. A_0 ist eine Constraint-Matrix, wenn die ausführbare Ausgangslösung w_0 den Constraint-Vektor b erfüllt.

[0018] Ein Funktionsblock und ein Betriebsablauf der Optimierungsberechnungseinheit 200 werden unter Bezugnahme auf **Fig. 1**, **Fig. 3**, **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben. Die Optimierungsberechnungseinheit 200 erfasst die Bewertungsfunktion J des Optimierungsproblems, den Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k} und die Lösung w_k als Eingaben. Es ist zu beachten, dass der tiefgestellte Index k der Lösung w_k und der Gleichheitsbedingungsmenge S_{2k} einer Iterationszahl der Optimierungsberechnungseinheit 200 entspricht, nämlich der Iterationszahl der Berechnung, und dass k in der ersten Berechnung 0 ist. In der ersten Berechnung sind die Lösung w_k und der Gleichheitsbeschränkungssatz

S_{2k} die ausführbare Ausgangslösung w_0 bzw. der Gleichheitsbeschränkungssatz S2. Die Optimierungsberechnungseinheit 200 umfasst eine Gleichungserzeugungseinheit 21, die eine simultane lineare Gleichung SLE erzeugt, die eine Karush-Kuhn-Tucker-Bedingung (KKT-Bedingung) enthält, eine anfängliche Normberechnungseinheit 22, die eine anfängliche Restnorm NR_0 berechnet, die eine Norm eines anfänglichen Restvektors r_{in} ist, und die Berechnungseinheit 23 für die bewertete Lösung, die zumindest die nicht-divergente bewertete Lösung y berechnet und ein Zwischenbestimmungsflag fg_1 erzeugt. Das Zwischenbestimmungsflag fg_1 ist ein Flag, das eine erste konvergente Lösung oder eine zweite konvergente Lösung angibt, wobei die erste konvergente Lösung die voreingestellte erste Toleranz der Lösung erfüllt und die zweite konvergente Lösung die voreingestellte zweite Toleranz der Lösung erfüllt. Die Optimierungsberechnungseinheit 200 führt einen Gleichungserzeugungsschritt des Schrittes ST21, einen Anfangsnormberechnungsschritt des Schrittes ST22 und einen Berechnungsschritt der bewerteten Lösung des Schrittes ST23 aus. Der Gleichungserzeugungsschritt von Schritt ST21 wird von der Gleichungserzeugungseinheit 21 ausgeführt, der Anfangsnormberechnungsschritt von Schritt ST22 wird von der Anfangsnormberechnungseinheit 22 ausgeführt, und der Berechnungsschritt der bewerteten Lösung von Schritt ST23 wird von der Berechnungseinheit der bewerteten Lösung 23 ausgeführt.

[0019] Die Berechnungseinheit 23 für die bewertete Lösung umfasst eine Berechnungsanzahl-Bestimmungseinheit 24, die bestimmt, ob die iterative Lösungsberechnungsanzahl j eine obere Grenze j_m der iterativen Lösungsberechnungsanzahl erreicht hat, eine Berechnungseinheit 25 für die iterative Lösung, die eine iterative Lösung y_j berechnet, eine Normberechnungseinheit 26, die eine Restnorm NR_j berechnet, die eine Norm eines Restvektors r_j ist, und eine Konvergenzbestimmungseinheit 27, die die Konvergenz der iterativen Lösung y_j bestimmt und die bewertete Lösung y und das Zwischenbestimmungsflag fg_1 erzeugt. Die Berechnungseinheit 23 für die bewertete Lösung führt die Schritte ST41 bis ST45 als den Berechnungsschritt für die bewertete Lösung des Schrittes ST23 aus. Ein iterativer Lösungsberechnungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST41 und ein iterativer Lösungsberechnungszählungsaktualisierungsschritt von Schritt ST45 werden von der Berechnungszählungsbestimmungseinheit 24 ausgeführt. Ein iterativer Lösungsberechnungsschritt von Schritt ST42 wird von der iterativen Lösungsberechnungseinheit 25 ausgeführt, ein Normberechnungsschritt von Schritt ST43 wird von der Normberechnungseinheit 26 ausgeführt, und ein Konvergenzbestimmungsschritt von Schritt

ST44 wird von der Konvergenzbestimmungseinheit 27 ausgeführt.

[0020] In diesem Fall, da die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 ein Minimierungsproblem der Bewertungsfunktion J mit nur den Gleichheitsbedingungen als Bedingungen löst, wird die simultane lineare Gleichung SLE zum Lösen des Minimierungsproblems der Bewertungsfunktion J mit nur den Gleichheitsbedingungen als Bedingungen im Schritt ST21 (Gleichungserzeugungsschritt) erzeugt. Das Minimierungsproblem der Bewertungsfunktion J mit nur den Gleichheitsbedingungen als Bedingungen wird durch Gleichung (4) ausgedrückt. Im Gleichungserzeugungsschritt von Schritt ST21 wird die simultane lineare Gleichung SLE, die die Karush-Kuhn-Tucker-Bedingung (KKT-Bedingung) enthält, wie in Gleichung (5) dargestellt, erzeugt. In Gleichung (5) ist y die bewertete Lösung des durch Gleichung (4) dargestellten Minimierungsproblems, wenn die Anzahl der Berechnungsiterationen k ist, und λ ist ein Lagrange-Multiplikator, der jeder Zwangsbedingung entspricht, und h ist ein Anpassungsspaltenvektor und steht in einer transponierten Beziehung mit dem Anpassungszeilenvektor h^T . A_k ist eine Zwangsbedingungsmatrix, wenn die Berechnungsiteration k ist, und A_k^T ist eine transponierte Matrix der Zwangsbedingungsmatrix A_k , und b_k ist ein Zwangsbedingungsvektor, wenn die Berechnungsiteration k ist. Es ist zu beachten, dass eine konvergierte bewertete Lösung y unter den bewerteten Lösungen y , die von der Berechnungseinheit 23 für bewertete Lösungen erzeugt werden, auch als konvergierte Lösung bezeichnet werden kann, die eine optimale Lösung des Minimierungsproblems enthält, wenn die Berechnungsiteration k ist. Wenn eine Berechnungseinheit 37 der Aktualisierungseinheit 300 feststellt, dass die konvergierte bewertete Lösung y eine optimale Lösung ist, ist die konvergierte bewertete Lösung y die optimale Lösung des durch Gleichung (4) dargestellten Minimierungsproblems.

[Gleichung 4]

$$\min_w J = \frac{1}{2} w^T H w + h^T w \quad (4)$$

$$\text{s.t. } A_k^T w = b$$

[Gleichung 5]

$$\begin{bmatrix} H & A_k \\ A_k^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -h \\ b_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0021] Hier entspricht der Index k der Anzahl der Berechnungsiterationen der Optimierungsberechnungseinheit 200, wie oben beschrieben. Die von der Berechnungseinheit 23 für die bewertete Lösung erzeugte Lösung y wird zu einer von der Aktualisie-

rungseinheit 300 aktualisierten Lösung w_{k+1} . Die Lösung w_{k+1} wird zu der Lösung w_k , die in die Optimierungsberechnungseinheit 200 mit der aktualisierten Berechnungsiteration k eingegeben wird.

[0022] In der folgenden Beschreibung wird Gleichung (6) verwendet, die durch Vereinfachung der Notation der in Gleichung (5) dargestellten simultanen linearen Gleichung SLE erhalten wurde. Eine Matrix auf der linken Seite in Gleichung (5), d.h. die Constraint-Matrix, wird mit $A\sim$ bezeichnet, der Spaltenvektor, der y auf der linken Seite enthält, wird mit x bezeichnet, und der Spaltenvektor, der b_k auf der rechten Seite enthält, d.h. der Constraint-Vektor, wird mit $b\sim$ bezeichnet.

[Gleichung 6]

$$\tilde{A}x = \tilde{b} \quad (6)$$

[0023] Im Schritt ST22 berechnet die anfängliche Normberechnungseinheit 22 die anfängliche Restnorm NR_0 , ausgedrückt durch Gleichung (7), die die Norm des anfänglichen Restvektors r_{in} in der simultanen linearen Gleichung SLE für die Lösung w_k ist, nämlich die Eingabelösung, die als Eingabe von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erfasst wurde. Der anfängliche Restvektor r_{in} wird durch eine Gleichung ausgedrückt, die auf der rechten Seite von Gleichung (7) zwischen den Symbolen „|“ steht. Der anfängliche Restvektor r_{in} ist die Differenz zwischen dem Vektor auf der linken Seite der simultanen linearen Gleichung SLE und dem Vektor auf der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung SLE für die Lösung w_k . $A_k\sim$ ist die Zwangsbedingungsmatrix $A\sim$ bei der Berechnungsiteration k , und $b_k\sim$ ist der Zwangsbedingungsvektor b bei der Berechnungsiteration k .

[Gleichung 7]

$$NR_0 = \|r_{in}\| = \|\tilde{A}w_k - \tilde{b}_k\| \quad (7)$$

[0024] Im Schritt ST23 führt die Berechnungseinheit für die bewertete Lösung 23 den iterativen Lösungsberechnungsschritt mehrfach aus und berechnet, um die simultane lineare Gleichung SLE unter Verwendung der iterativen Methode zu lösen, wodurch die bewertete Lösung y berechnet wird, die eine Lösung ist, die die Bewertungsfunktion J minimiert, nämlich eine konvergierte Lösung oder eine nicht-abgeleitete Lösung (Berechnungsschritt für die bewertete Lösung). Der Berechnungsschritt der bewerteten Lösung im Schritt ST23 wird im Detail beschrieben. In Schritt ST41 bestimmt die Berechnungsanzahl-Bestimmungseinheit 24, ob die iterative Lösungsanzahl j der Optimierungsberechnungseinheit 200 den voreingestellten oberen Grenzwert j_m der iterativen Lösungsberechnungsanzahl erreicht hat (Schritt zur Bestimmung der iterativen Lösungsberechnungsanzahl). In Schritt ST41, wenn die iterative Lösungsberechnungsanzahl j den oberen

Grenzwert j_m der iterativen Lösungsberechnungszahl erreicht hat, endet der Prozess, und wenn die iterative Lösungsberechnungszahl j den oberen Grenzwert j_m der iterativen Lösungsberechnungszahl nicht erreicht hat, fährt der Prozess mit Schritt ST42 fort. In Schritt ST42 führt die iterative Lösungsberechnungseinheit 25 einen iterativen Lösungsberechnungsschritt durch und berechnet eine Lösung, die die Bewertungsfunktion J minimiert, nämlich die iterative Lösung y_j durch Lösen der simultanen linearen Gleichung SLE unter Verwendung der iterativen Methode (iterativer Lösungsberechnungsschritt). Die iterative Lösungsberechnung count j wird später beschrieben.

[0025] Als iterative Methode zur Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE ist eine Methode bekannt, die ein Krylov-Unterraumverfahren verwendet, beispielsweise ein konjugiertes Gradientenverfahren (CG) oder ein verallgemeinertes minimales Restwertverfahren (GMRES). Vor der Durchführung der iterativen Methode kann die simultane lineare Gleichung SLE vorverarbeitet werden, um die numerische Konvergenz und Stabilität zu verbessern. Einzelheiten über die iterative Methode unter Verwendung der Krylov-Unterraum-Methode und die Vorverarbeitung für die simultane lineare Gleichung SLE sind in „Mathematics of Iterative Method“ von Kiyoshi Fujitsugu und ZHANG Shao-Liang, Asakura Publishing Co., Ltd. 1996, oder „Numerical Analysis 2nd Edition“ von Masatake Mori, Kyoritsu Mathematics Course 12, 2002, beschrieben.

[0026] In Schritt ST43 berechnet die Normberechnungseinheit 26 die Restnorm NR_j , wie in Gleichung (8) gezeigt, die die Norm des Restvektors r_j in der simultanen linearen Gleichung SLE in Bezug auf die iterative Lösung y_j ist, die in dem iterativen Lösungsberechnungsschritt von Schritt ST42 (Normberechnungsschritt) berechnet wurde. Der Restvektor r_j wird durch eine Gleichung ausgedrückt, die zwischen den Symbolen „|“ auf der rechten Seite von Gleichung (8) steht. Der Restvektor r_j ist die Differenz zwischen dem Vektor auf der linken Seite der simultanen linearen Gleichung SLE und dem Vektor auf der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung SLE in Bezug auf die iterative Lösung y_j .

[0027] Hier gibt der tiefgestellte Index j die Iterationszahl der Berechnung zur Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE an, d.h. die iterative Lösungsberechnungszahl, wobei die Berechnung im iterativen Lösungsberechnungsschritt des Schritts ST42 durchgeführt wird. Diese Zahl unterscheidet sich von der Berechnungsiteration k , die die Iterationszahl der Optimierungsberechnungseinheit 200 angibt. In der k -ten Iteration der Optimierungsberechnungseinheit 200 wird die iterative Lösungsberechnung des iterativen Lösungsberechnungsschritts von Schritt ST42 j -mal durchgeführt.

[Gleichung 8]

$$NR_j = \|r_j\| = \|\tilde{A}_k y_j - \tilde{b}_k\| \quad (8)$$

[0028] Im Schritt ST44 bestimmt die Konvergenzbestimmungseinheit 27, ob die iterative Lösung y_j konvergiert hat (Konvergenzbestimmungsschritt). Genauer gesagt, bestimmt die Konvergenzbestimmungseinheit 27 für die durch die j -te iterative Lösungsberechnung in Schritt ST42 erhaltene Lösung, nämlich die iterative Lösung y_j , ob die Restnorm NR_j , die die Norm des Restvektors r_j in der simultanen linearen Gleichung SLE in Bezug auf die durch die Normberechnungseinheit 26 erhaltene iterative Lösung y_j ist, gleich oder kleiner als ein Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth ist oder nicht. In Schritt ST44, wenn die Restnorm NR_j gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth ist, bestimmt die Konvergenzbestimmungseinheit 27, dass die Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE erhalten wird, gibt die konvergierte iterative Lösung y_j als die konvergierte bewertete Lösung y aus und beendet den Prozess. In Schritt ST44, wenn die Restnorm NR_j nicht gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth ist, nämlich wenn die Restnorm NR_j größer als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth ist, kehrt das Verfahren über Schritt ST45 zu Schritt ST41 zurück. Die Berechnungsanzahl-Bestimmungseinheit 24 aktualisiert die iterative Lösungsberechnungsanzahl j , indem sie sie im Schritt ST45 (Aktualisierungsschritt der iterativen Lösungsberechnungsanzahl) um eins erhöht, und führt den Schritt zur Bestimmung der iterativen Lösungsberechnungsanzahl des Schritts ST41 aus.

[0029] Wenn die iterative Lösung y_j konvergiert, gibt die Optimierungsberechnungseinheit 200 die konvergierte iterative Lösung y_j als die konvergierte evaluierte Lösung y aus. Wenn die iterative Lösung y_j nicht konvergiert, bevor der iterative Lösungsberechnungszähler j den oberen Grenzwert j_m des iterativen Lösungsberechnungszählers erreicht, gibt die Optimierungsberechnungseinheit 200 die iterative Lösung y_j , die nicht konvergiert, als die evaluierte Lösung y aus, die nicht divergiert. Es ist zu beachten, dass die konvergente iterative Lösung y_j durch geeignete Einstellung eines Relaxationsparameters m , der später beschrieben wird, und durch Einstellung eines ausreichend großen oberen Grenzwerts j_m der iterativen Lösungsberechnungszahl erhalten werden kann. Selbst wenn die iterative Lösung y_j nicht konvergiert, bevor die Anzahl der iterativen Lösungsberechnungen j den oberen Grenzwert j_m der Anzahl der iterativen Lösungsberechnungen erreicht, kann durch geeignetes Einstellen des Relaxationsparameters m und durch Wiederholung des optimalen Berechnungsschritts von Schritt ST2 mit der Datenaktualisierung durch die Aktualisierungs-

einheit 300 die Restnorm NR_j klein werden und die konvergierte iterative Lösung y_j erhalten werden. Es ist zu beachten, dass, wenn ein oberer Grenzwert km der Berechnungsiterationenzählung und der obere Grenzwert jm der iterativen Lösungsberechnungszählung, die obere Grenzwerte der Berechnungsiterationenzählung k und der iterativen Lösungsberechnungszählung j sind, nicht auf ausreichend große Werte gesetzt werden können, eine konvergierte Lösung möglicherweise nicht erhalten wird. In diesem Fall wird das Ergebnis in einem Ergebnisausgabeschritt des unten beschriebenen Schritts ST36 als keine Lösung behandelt.

[0030] Ein voreingestellter erster Schwellenwert $Nt1$ aus der Toleranz der Lösung und ein zweiter Schwellenwert $Nt2$ werden verglichen, wobei der zweite Schwellenwert $Nt2$ auf der Grundlage des Relaxationsparameters m und der anfänglichen Restnorm $NR0$, die im Schritt der anfänglichen Normberechnung des Schritts ST22 berechnet wurde, eingestellt wird, und dann wird der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth , der im Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 verwendet wird, auf den größeren Wert davon eingestellt. Das heißt, der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth ist entweder der voreingestellte erste Schwellenwert $Nt1$ oder der zweite Schwellenwert $NR2$, der auf der Grundlage des Relaxationsparameters m und der anfänglichen Restnorm $NR0$ festgelegt wurde, und ist der größere Wert. Der zweite Schwellenwert $Nt2$ wird wie in der folgenden Gleichung (9) festgelegt.

[Gleichung 9]

$$\|r_{in}\|/m \quad (9)$$

[0031] Durch Einstellen des Konvergenzbestimmungsschwellenwerts Nth auf den größeren des ersten Schwellenwerts $Nt1$ und des zweiten Schwellenwerts $Nt2$ kann, da eine Lösung durch Ausführen der Konvergenzbestimmung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts $Nt1$ im Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 in dem Fall erhalten werden, in dem die anfängliche Restnorm $NR0$ klein ist, die Lösung mit einer Genauigkeit innerhalb der voreingestellten ersten Toleranz im Berechnungsschritt der bewerteten Lösung des Schritts ST23 erhalten werden. Die Lösung, für die die Konvergenzbestimmung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts $Nt1$ durchgeführt wird, ist eine ausreichend optimierte Lösung und kann die Ausgangslösung sein, die die optimale Lösung über den Prozess der Aktualisierungseinheit 300 angibt. Andererseits, wenn die anfängliche Restnorm $NR0$ groß ist, kann eine Lösung erhalten werden, die durch Ausführen der Konvergenzbestimmung unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts $Nt2$ in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 erhalten wird. Die Lösung, für die die Konver-

genzbestimmung unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts $Nt2$ durchgeführt wird, ist eine quasi-optimierte Lösung, die die voreingestellte erste Toleranz überschreitet, aber die voreingestellte zweite Toleranz der Lösung erfüllt, und kann die Ausgangslösung sein, die die quasi-optimale Lösung über den Prozess der Aktualisierungseinheit 300 angibt. Dadurch ist es möglich, Probleme zu vermeiden, bei denen der Restvektor r_j oder die iterative Lösung y_j in dem iterativen Lösungsberechnungsschritt des Schritts ST42 aufgrund des Einflusses numerischer Fehler wie beispielsweise eines Verlustes signifikanter Ziffern aufgrund der unzureichenden Anzahl signifikanter Ziffern divergiert und die evaluierte Lösung y , die nicht divergiert, nicht in dem evaluierten Lösungsberechnungsschritt des Schritts ST23 erhalten werden kann.

[0032] Bei der Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE unter Verwendung der iterativen Methode wird eine Lösung bei der nächsten Iteration unter Verwendung des Restvektors r_j in Bezug auf die iterative Lösung y_j , nämlich die berechnete Lösung, berechnet. Wenn die anfängliche Restnorm $NR0$, d.h. die Norm des zum ersten Mal berechneten anfänglichen Restvektors r_{in} , groß ist und die Restnorm NR_j , d.h. die Norm des als nächstes berechneten Restvektors r_j , drastisch abnimmt, kann die Anzahl der signifikanten Ziffern der Variablen, die den Restvektor r_j angibt, unzureichend sein, und die nächste Lösung wird möglicherweise nicht angemessen berechnet. Da der zweite Schwellenwert $Nt2$ unter Verwendung der anfänglichen Restnorm $NR0$ und des Relaxationsparameters m unter Berücksichtigung der Anzahl signifikanter Ziffern der für die Berechnung verwendeten Variablen festgelegt wird, ist es möglich, die Konvergenzbestimmung durchzuführen, bevor der Einfluss numerischer Fehler der Restnorm NR_j groß wird.

[0033] Der Relaxationsparameter m wird auf 102 bis 104 als ein erster Bereich $E1$ gesetzt, wenn eine Berechnung unter Verwendung einer Variablen vom Typ Einzelpräzision als jede Variable in der Optimierungsberechnungseinheit 200 durchgeführt wird. Zusätzlich wird der Relaxationsparameter m auf 108 bis 1012 als ein zweiter Bereich $E2$ eingestellt, wenn die Berechnung unter Verwendung einer Variablen vom Typ Doppelpräzision durchgeführt wird. Durch die Einstellung eines geeigneten Wertes für den Wert des Relaxationsparameters m ist es möglich, eine ausreichende Anzahl signifikanter Stellen für Variablen wie beispielsweise die iterative Lösung y_j , die im Schritt ST42 zur Berechnung der iterativen Lösung berechnet wird, und den Restvektor r_j , der im Schritt ST43 zur Berechnung der Norm berechnet wird, sicherzustellen. Wenn die Anzahl der signifikanten Ziffern ausreichend ist, wiederholt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 den Berechnungsschritt der bewerteten Lösung des

Schritts ST23 wie üblich und führt die Konvergenzbestimmung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts $Nt1$ im Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 durch, wodurch eine Lösung mit einer Genauigkeit innerhalb der voreingestellten Toleranz durch die Optimierungsberechnungseinheit 200 erhalten wird. Darüber hinaus kann in dem Fall, in dem die Möglichkeit besteht, dass die iterative Lösung y_j , die in dem iterativen Lösungsberechnungsschritt des Schritts ST42 berechnet wurde, und der Restvektor r_j , der in dem Normberechnungsschritt des Schritts ST43 berechnet wurde, aufgrund numerischer Fehler, die durch einen Verlust signifikanter Ziffern aufgrund der unzureichenden Anzahl signifikanter Ziffern oder dergleichen erhöht wurden, nicht geeignet sind, die optimale Lösungsberechnungsvorrichtung 81 verhindern, dass die optimale Lösungsberechnungsvorrichtung 81 den Verlust signifikanter Ziffern verhindert, die Optimal-Lösungsberechnungsvorrichtung 81 die Möglichkeit verhindern kann, dass die iterative Lösung y_j und der Restvektor r_j nicht geeignet sind, indem sie die Konvergenzbestimmung unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts $Nt2$ in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 durchführt.

[0034] In dem Fall, in dem der Wert des Relaxationsparameters m kleiner ist als der im ersten Bereich E1 oder im zweiten Bereich E2, selbst in dem Fall, in dem die Anzahl signifikanter Ziffern der Variablen im iterativen Lösungsberechnungsschritt des Schritts ST42 ausreichend ist, der Einfluss numerischer Fehler gering ist und die Berechnung mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann, tritt ein Fall auf, in dem die Konvergenzbestimmung nicht durch den voreingestellten ersten Schwellenwert $Nt1$ aus der Toleranz der Lösung, sondern durch den zweiten Schwellenwert $Nt2$ im Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 durchgeführt wird. In diesem Fall nimmt die Genauigkeit der von der Optimierungsberechnungseinheit 200 ausgegebenen bewerteten Lösung y ab. Darüber hinaus werden in dem Fall, in dem der Wert des Relaxationsparameters m größer ist als derjenige im ersten Bereich E1 oder im zweiten Bereich E2, numerische Fehler aufgrund eines Verlusts signifikanter Ziffern durch die unzureichende Anzahl signifikanter Ziffern oder dergleichen groß, und es tritt ein Fall auf, in dem nicht festgestellt wird, dass die Konvergenz im Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 aufgetreten ist. Da die Konvergenz in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44 nicht bestimmt wird, wird die bewertete Lösung y als eine Iterationsobergrenzenberechnungslösung ausgegeben, in der die iterative Lösungsberechnungszahl j den oberen Grenzwert j_m der iterativen Lösungsberechnungszahl überschreitet. In diesem Fall aktualisiert die Aktualisierungseinheit 300 die bewertete Lösung y zur Lösung $wk+1$, der aktualisierte Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ und die

Lösung $wk+1$ werden in die Optimierungsberechnungseinheit 200 eingegeben, und der Berechnungsprozess der Optimierungsberechnungseinheit 200, nämlich der optimale Berechnungsschritt von Schritt ST2, wird erneut ausgeführt. In diesem Fall sind die iterative Lösung y_j in der iterativen Lösungsberechnung im Schritt ST42 und der im Normberechnungsschritt des Schritts ST43 berechnete Restvektor r_j nicht geeignet, die Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE wird nicht erhalten, und der beabsichtigte Effekt wird nicht erreicht. Es ist zu beachten, dass, wenn der Wert des Relaxationsparameters m in den ersten Bereich E1 oder den zweiten Bereich E2 fällt, eine konvergierte bewertete Lösung y erhalten werden kann, indem ein oberer Grenzwert j_m der iterativen Lösungsberechnungszahl mit einer ausreichenden Anzahl eingestellt wird.

[0035] In dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schritts ST44, wenn die Konvergenzbestimmung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts $Nt1$ als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth durchgeführt wird, gibt die Berechnungseinheit 23 für die bewertete Lösung das Zwischenbestimmungsflag $fg1$ aus, das angibt, dass die bewertete Lösung y die voreingestellte erste Toleranz der Lösung erfüllt. Zusätzlich gibt die Berechnungseinheit 23 für die bewertete Lösung im Schritt ST44, wenn die Konvergenzbestimmung unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts $Nt2$ als Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth durchgeführt wird, das Zwischenbestimmungsflag $fg1$ aus, das angibt, dass die bewertete Lösung y die voreingestellte zweite Toleranz der Lösung erfüllt. Die Lösung, die die erste Toleranz erfüllt, ist die erste konvergente Lösung, und die Lösung, die die zweite Toleranz erfüllt, ist die zweite konvergente Lösung. Beispielsweise kann in dem Fall, in dem das Zwischenbestimmungsflag $fg1$ ein 2-Bit-Signal ist, das Zwischenbestimmungsflag $fg1$, wenn es 3 ist, die erste konvergente Lösung angeben, und wenn das Zwischenbestimmungsflag $fg1$ 2 ist, kann es die zweite konvergente Lösung angeben.

[0036] Ein Funktionsblock und ein Betriebsablauf der Aktualisierungseinheit 300 werden unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 8** beschrieben. Die Aktualisierungseinheit 300 umfasst eine Datenaktualisierungseinheit 31, die den Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k$ und die Lösung wk aktualisiert und den aktualisierten Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ und die Lösung $wk+1$ erzeugt, und die Berechnungsberechnungseinheit 37, die die Lösung $wk+1$ bestimmt, um die Ausgabe-lösung wa zu erzeugen, die die Bestimmungsbedingung und ein Bestimmungsflag $fg2$ erfüllt. Die Berechnungseinheit 37 umfasst eine Satzaktualisierungsberechnungseinheit 32, die bestimmt, ob der Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k$ aktualisiert worden ist, eine Aktualisierungszählungsbestimmungs-

einheit 33, die bestimmt, ob die Berechnungsiterationenanzahl k den oberen Grenzwert k_m der Berechnungsiterationenanzahl erreicht hat, und eine Ergebnisausgabeeinheit 35, die die Ausgabelösung w_k erzeugt, die die Bestimmungsbedingung und das Bestimmungsflag fg_2 erfüllt. Die Aktualisierungseinheit 300 führt einen Datenaktualisierungsschritt von Schritt ST31 und einen Berechnungsbestimmungsschritt von Schritt ST37 aus. Der Berechnungsbestimmungsschritt des Schritts ST37 umfasst einen Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schritts ST32, einen Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schritts ST33, einen Zwischenbestimmungskennzeichenbestimmungsschritt des Schritts ST35 und den Ergebnisausgabeschritt des Schritts ST36. Der Datenaktualisierungsschritt von Schritt ST31 wird von der Datenaktualisierungseinheit 31 ausgeführt, und der Berechnungsbestimmungsschritt von Schritt ST37 wird von der Berechnungsbestimmungseinheit 37 ausgeführt. Der Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schritts ST32 wird von der Satzaktualisierungsbestimmungseinheit 32 ausgeführt, und der Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schritts ST33 wird von der Aktualisierungszählungsbestimmungseinheit 33 ausgeführt. Der Zwischenbestimmungs-Flag-Bestimmungsschritt von Schritt ST35 und der Ergebnisausgabeschritt von Schritt ST36 werden von der Ergebnisausgabeeinheit 35 ausgeführt.

[0037] Die Aktualisierungseinheit 300 erfasst als Eingaben den Ungleichheits-Beschränkungssatz S_1 , den Gleichheits-Beschränkungssatz S_{2k} , die in die Optimierungsberechnungseinheit 200 eingegebene Lösung w_k , die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erzeugte evaluierte Lösung y und das Zwischenbestimmungsflag fg_1 . In dem Datenaktualisierungsschritt von Schritt ST31 werden der Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k} und die Lösung w_k , die in die Optimierungsberechnungseinheit 200 eingegeben werden, aktualisiert, und ein aktualisierter Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k+1} und eine Lösung w_{k+1} werden ausgegeben. Die Optimierungsberechnungseinheit 200 verwendet den Gleichheitsbindungssatz S_{2k+1} und die Lösung w_{k+1} als den Gleichheitsbindungssatz S_{2k} und die Lösung w_k , die bei der Durchführung der $(k+1)$ -ten Berechnung eingegeben werden. Der Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k+1} und die Lösung w_{k+1} werden wie folgt bestimmt.

[0038] (a) Aktualisierungsverfahren, wenn es eine Bedingung gibt, die zur Gleichheitsbedingungs-menge S_{2k} hinzugefügt werden soll (Aktualisierungsverfahren 1)

[0039] Im Schritt ST31, wenn die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erhaltene bewertete Lösung y eine oder mehrere Bedingungen im Ungleichheits-Beschränkungssatz S_1 nicht erfüllt,

bestimmt die Datenaktualisierungseinheit 31 die von der Aktualisierungseinheit 300 ausgegebene Lösung w_{k+1} unter Verwendung von Gleichung (10). Dabei wird α auf den größten Wert unter der Bedingung gesetzt, dass $0 < \alpha < 1$ ist und w_{k+1} den Ungleichheits-Beschränkungssatz S_1 erfüllt. Weiterhin erzeugt die Aktualisierungseinheit 31 in Schritt ST31 die aktualisierte Gleichheitsbeschränkungsmenge S_{2k+1} durch Hinzufügen einer Beschränkung, die neu eine Gleichheitsbeschränkung in Bezug auf w_{k+1} erfüllt, zu der Gleichheitsbeschränkungsmenge S_{2k} .

[Gleichung 10]

$$w_{k+1} = (1 - \alpha)w_k + \alpha y \quad (10)$$

[0040] (b) Aktualisierungsverfahren, wenn es eine zu entfernende Bedingung in der Gleichheitsbedingungs-menge S_{2k} gibt (Aktualisierungsverfahren 2).

[0041] Im Schritt ST31, wenn die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erhaltene bewertete Lösung y alle Merkmale innerhalb des Ungleichheits-Beschränkungssatzes S_1 erfüllt, bestimmt die Datenaktualisierungseinheit 31 die von der Aktualisierungseinheit 300 ausgegebene Lösung w_{k+1} unter Verwendung von Gleichung (11). Ferner entfernt die Aktualisierungseinheit 31 in Schritt ST31, wenn es eine von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erhaltene bewertete Lösung y gibt, die den Lagrange-Multiplikator $\lambda < 0$ erfüllt, eine Bedingung, die einer Lösung mit dem größten Absolutwert entspricht, aus dem Gleichheitsbedingungssatz S_{2k} , um den aktualisierten Gleichheitsbedingungssatz S_{2k+1} zu erzeugen.

[Gleichung 11]

$$w_{k+1} = y \quad (11)$$

[0042] In dem Datenaktualisierungsschritt des Schrittes ST31 aktualisiert die Datenaktualisierungseinheit 31 den Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k} und die Lösung w_k durch die Aktualisierungsmethode 1 oder die Aktualisierungsmethode 2 und erzeugt den aktualisierten Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k+1} und die aktualisierte Lösung w_{k+1} . Wenn der Ungleichheits-Beschränkungssatz S_{2k} in dem Datenaktualisierungsschritt des Schrittes ST31 nicht aktualisiert wird, d.h. wenn keine Beschränkung zu dem Ungleichheits-Beschränkungssatz S_{2k} hinzugefügt wird und keine Beschränkung aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz S_{2k} entfernt wird, erfüllt die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erhaltene bewertete Lösung y den Ungleichheits-Beschränkungssatz S_1 und ist die optimale Lösung, die die in die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 eingegebene Bewertungsfunktion J minimiert. Daher beendet die Opti-

mal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 die Berechnung und gibt die bewertete Lösung y als Ausgangslösung w_a der optimalen Lösung aus. Dies ist ein Überblick über einen Abschnitt der Verarbeitung des Berechnungsbestimmungsschritts von Schritt ST37. Wenn die Ausgabelösung w_a ausgegeben wird, ist die Berechnung der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 beendet. Das heißt, wenn die Ausgabelösung w_a ausgegeben wird, ist dies das in **Fig. 8** gezeigte Berechnungsende, und es ist das in **Fig. 4** gezeigte Ende. Wenn die Ausgabelösung w_a ausgegeben wird, handelt es sich um ein vollständiges Ende, und wenn die Bedingung in Schritt ST33 nicht erfüllt ist und der Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ und die Lösung w_{k+1} , die Aktualisierungsdaten sind, ausgegeben werden, handelt es sich um ein Aktualisierungsende. Im Falle des Aktualisierungsendes kehrt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 zum Schritt ST2 zurück und führt den Optimierungsberechnungsprozess aus. Der Berechnungsbestimmungsschritt von Schritt ST37 wird im Detail beschrieben.

[0043] Im Schritt ST32 zur Bestimmung der Mengenaktualisierung bestimmt die Einheit 32 zur Bestimmung der Mengenaktualisierung, ob die Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k$ aktualisiert wurde, genauer gesagt, ob die Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k$ und die Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ unterschiedlich sind. Wenn die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k$ und die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k+1$ unterschiedlich sind, fährt das Verfahren mit Schritt ST33 fort, und wenn die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k$ und die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k+1$ nicht unterschiedlich, nämlich gleich sind, fährt das Verfahren mit Schritt ST35 fort.

[0044] In dem Schritt ST33 zur Bestimmung der Aktualisierungszahl bestimmt die Einheit 33 zur Bestimmung der Aktualisierungszahl, ob die Berechnungsiteration k den oberen Grenzwert km der voreingestellten Berechnungsiteration erreicht oder nicht. Wenn der Berechnungsiterationenzähler k den oberen Grenzwert km des Berechnungsiterationenzählers erreicht hat, fährt das Verfahren mit Schritt ST35 fort. Wenn die Berechnungsiterationenanzahl k den oberen Grenzwert km der Berechnungsiterationenanzahl nicht erreicht hat, gibt die Aktualisierungseinheit 300 den Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ und die von der Datenaktualisierungseinheit 31 erzeugte Lösung w_{k+1} an die Optimierungsberechnungseinheit 200 aus und beendet den Aktualisierungsschritt des Schrittes ST3. Wie oben beschrieben, ist das Ende in diesem Fall das Aktualisierungsende. Wenn die Berechnungsiterationenanzahl k den oberen Grenzwert km der Berechnungsiterationenanzahl erreicht hat, stellt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 fest, dass die Iterationsobergrenze erreicht ist und beendet

die Berechnung. Wenn die Berechnungsiteration k den oberen Grenzwert km der Berechnungsiteration erreicht hat, kann man sagen, dass die Aktualisierungszahl des Gleichheitsbeschränkungssatzes $S2k$ den oberen Grenzwert erreicht hat. In diesem Fall ist es das vollständige Ende.

[0045] In dem Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt des Schrittes ST35, wenn der Prozess von dem Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schrittes ST32 fortgeschritten ist, bestimmt die Ergebnisausgabereinheit 35 die Information des Zwischenbestimmungsflags $fg1$. Wenn das Zwischenbestimmungsflag $fg1$ die erste konvergente Lösung angibt, erzeugt die Ergebnisausgabereinheit 35 das Bestimmungsflag $fg2$, das die optimale Lösung angibt. Wenn der Zwischenbestimmungsmerker $fg1$ die zweite konvergente Lösung anzeigt, erzeugt die Ergebnisausgabereinheit 35 den Bestimmungsmerker $fg2$, der die quasi-optimale Lösung angibt. Wie oben beschrieben, ist die bewertete Lösung y , die die vorgegebene erste Toleranz der Lösung erfüllt, eine vollständig optimierte Lösung, nämlich die optimale Lösung. Darüber hinaus ist die bewertete Lösung y , die die vorgegebene zweite Toleranz der Lösung erfüllt, eine quasi-optimierte Lösung, d. h. die quasi-optimale Lösung. Genauer gesagt ist die bewertete Lösung y , wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth im Konvergenzbestimmungsschritt von Schritt ST44 der erste Schwellenwert $Nt1$ ist, die optimale Lösung, und die bewertete Lösung y , wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth im Konvergenzbestimmungsschritt von Schritt ST44 der zweite Schwellenwert $Nt2$ ist, die quasi-optimale Lösung. Beispielsweise kann in dem Fall, in dem das Bestimmungsflag $fg2$ ein 2-Bit-Signal ist, das Bestimmungsflag $fg2$, wenn es 3 ist, eine optimale Lösung angeben, und wenn das Bestimmungsflag $fg2$ 2 ist, kann es eine quasi-optimale Lösung angeben.

[0046] In dem Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt des Schrittes ST35, wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungs-Bestimmungsschritt des Schrittes ST33 ausgegangen ist, gibt die Ergebnisausgabereinheit 35 das Bestimmungsflag $fg2$ aus, das keine Lösung in dem Ergebnisausgabeschritt des Schrittes ST36 angibt, ohne die Information des Zwischenbestimmungsflags $fg1$ zu bestimmen. In diesem Fall wird die normale Ausgabelösung w_a nicht ausgegeben. Beispielsweise ist das Bestimmungsflag $fg2$, das keine Lösung angibt, 1. In diesem Fall wird die normale Ausgabelösung w_a nicht ausgegeben, aber beispielsweise kann Null (0) als Null-Daten ausgegeben werden.

[0047] In dem Ergebnisausgabeschritt des Schrittes ST36, wenn der Prozess von dem Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schrittes ST32 fortge-

schritten ist, gibt die Ergebnisausgabereinheit 35 die Ausgabelösung w_a und das Bestimmungsflag fg_2 aus. Wenn das Zwischenbestimmungsflag fg_1 die erste konvergente Lösung angibt, wird die bewertete Lösung y als die Ausgabelösung w_a der optimalen Lösung, nämlich der optimalen Lösung w_{g1} , ausgegeben, und das Bestimmungsflag fg_2 , das die optimale Lösung angibt, wird ausgegeben. Wenn das Zwischenermittlungskennzeichen fg_1 die zweite konvergente Lösung angibt, wird die bewertete Lösung y als Ausgabelösung w_a der quasi-optimalen Lösung, nämlich der quasi-optimalen Lösung w_{g2} , ausgegeben, und das Ermittlungskennzeichen fg_2 , das die quasi-optimale Lösung anzeigt, wird ausgegeben. Die optimale Lösung w_{g1} und die quasi-optimale Lösung w_{g2} , die als Ausgangslösung w_a ausgegeben wird, sind konvergente Lösungen. Man kann auch sagen, dass die optimale Lösung w_{g1} eine Lösung ist, die als Ausgabelösung w_a für eine Lösung des Optimierungsproblems ausgegeben wird, wenn die bewertete Lösung y als optimale Lösung in dem Fall bestimmt wird, in dem die Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes in dem Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schrittes ST32 als unnötig bestimmt wird und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} der erste Schwellenwert N_{t1} ist. Es kann auch gesagt werden, dass die quasi-optimale Lösung w_{g2} eine Lösung ist, die als die Ausgabelösung w_a für eine Lösung des Optimierungsproblems ausgegeben wird, wenn die bewertete Lösung y als die quasi-optimale Lösung bestimmt wird und die bewertete Lösung y nicht als die optimale Lösung w_{g1} in dem Fall bestimmt wird, in dem die Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes in dem Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schrittes ST32 als unnötig bestimmt wird und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} der zweite Schwellenwert N_{t2} ist.

[0048] Wie oben beschrieben, aktualisiert die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 wiederholt den Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k} und die Lösung w_k in der Aktualisierungseinheit 300 unter Verwendung der in der Optimierungsberechnungseinheit 200 berechneten evaluierten Lösung y und erhält eine optimale Lösung oder eine quasi-optimale Lösung, die die Evaluierungsfunktion J minimiert. Daher kann die Optimierungsberechnungseinheit 200 selbst dann, wenn die anfängliche Restnorm NR_0 , die auf der Grundlage der durch die Anfangsbedingungserzeugungseinheit 100 erzeugten ausführbaren Anfangslösung w_0 berechnet wird, und die Restnorm NR_j groß sind, durch Einstellen einer ausreichend großen oberen Grenze j_m der iterativen Lösungsberechnungszahl die bewertete Lösung y , zu der eine Konvergenzbestimmung unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts N_{t2} in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schrittes ST44

durchgeführt wird, nämlich die bewertete Lösung y , die unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts N_{t2} konvergiert, an die Aktualisierungseinheit 300 ausgeben. Darüber hinaus aktualisiert die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 den Gleichheitsbeschränkungssatz S_{2k} und die Lösung w_k auf der Grundlage der von der Optimierungsberechnungseinheit 200 ausgegebenen bewerteten Lösung y und führt den Optimierungsberechnungsschritt von Schritt ST2 erneut durch die Optimierungsberechnungseinheit 200 aus. Das heißt, selbst wenn die anfängliche Restnorm NR_0 , die auf der Grundlage der ausführbaren Anfangslösung w_0 berechnet wird, und die Restnorm NR_j groß sind, erzeugt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 eine neue simultane lineare Gleichung SLE durch die Optimierungsberechnungseinheit 200 und führt eine Berechnung durch, um die simultane lineare Gleichung SLE erneut zu lösen.

[0049] Durch Wiederholung des Optimierungsberechnungsschritts von Schritt ST2 und des Aktualisierungsschritts von Schritt ST3 werden die anfängliche Restnorm NR_0 und die Restnorm NR_j , die auf der Grundlage der in die Optimierungsberechnungseinheit 200 eingegebenen Lösung w_k berechnet werden, kleiner, und die Optimierungsberechnungseinheit 200 kann die bewertete Lösung y , zu der eine Konvergenzbestimmung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts N_{t1} im Konvergenzbestimmungsschritt von Schritt ST44 durchgeführt wird, nämlich die bewertete Lösung y , die unter Verwendung des ersten Schwellenwerts N_{t1} konvergiert, an die Aktualisierungseinheit 300 ausgeben. Daher wiederholt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 den Optimierungsberechnungsschritt des Schrittes ST2 und den Aktualisierungsschritt des Schrittes ST3, wodurch leicht eine konvergierte Lösung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts N_{t1} erhalten wird, nämlich eine optimale Lösung mit einer Genauigkeit innerhalb der voreingestellten Toleranz.

[0050] Das heißt, bevor der Einfluss der Berechnungsfehler auf den anfänglichen Restvektor r_{in} und den Restvektor r_j groß wird, führt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 der Ausführungsform 1 die Konvergenzbestimmung unter Verwendung des zweiten Schwellenwerts N_{t2} durch, und die Optimierungsberechnungseinheit 200 führt den Optimierungsberechnungsschritt des Schrittes ST2 erneut unter Verwendung der bewerteten Lösung y zu dieser Zeit aus. Somit kann die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 der Ausführungsform 1 die im Anfangsnormberechnungsschritt des Schrittes ST22 berechnete Anfangsrestnorm NR_0 zum Zeitpunkt des erneut auszuführenden Opti-

mierungsberechnungsschrittes des Schrittes ST2 reduzieren. Dies bedeutet, dass die Lösung w_k , die die eingegebene Anfangslösung zum Zeitpunkt der Neuberechnung ist, nahe an der optimalen Lösung liegt und der Einfluss von Berechnungsfehlern auf den anfänglichen Restvektor r_{in} und den Restvektor r_j klein wird, so dass eine konvergierte Lösung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts $Nt1$, nämlich eine optimale Lösung mit einer Genauigkeit innerhalb der voreingestellten Toleranz, leicht erhalten werden kann. Darüber hinaus erhält die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 zum Zeitpunkt des erneut auszuführenden Optimierungsberechnungsschrittes des Schrittes ST2 eine Lösung durch Konvergenzbestimmung unter Verwendung des ersten Schwellenwerts $Nt1$, indem die Berechnung wiederholt wird, da der zweite Schwellenwert $Nt2$ auch dann klein eingestellt wird, wenn der zweite Schwellenwert $Nt2$ verwendet werden soll.

[0051] Wie oben beschrieben, gibt die Aktualisierungseinheit 300 die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 erhaltene bewertete Lösung y als die Ausgabelösung w_a der optimalen Lösung aus, die den gesamten Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$ erfüllt und die Bewertungsfunktion J minimiert, wenn im Schritt ST32 der Satzaktualisierungsbestimmung keine Gleichheits-Beschränkung zu dem Ungleichheits-Beschränkungssatz $S2k$ hinzugefügt oder daraus entfernt wird. Die Ausgabelösung w_a enthält eine optimale Lösung w_{g1} , wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der erste Schwellenwert $Nt1$ in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schrittes ST44 ist, und eine quasi-optimale Lösung w_{g2} , wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der zweite Schwellenwert $Nt2$ in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schrittes ST44 ist. In Bezug auf die quasi-optimale Lösung w_{g2} ist die Restnorm NR_j der simultanen linearen Gleichung SLE größer als der erste Schwellenwert $Nt1$, der von der voreingestellten Toleranz der Lösung gesetzt wurde, aber die Aktualisierungseinheit 300 gibt das Bestimmungsflag $fg2$ aus, das die quasi-optimale Lösung angibt, so dass bekannt sein kann, dass die von der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 erhaltene Ausgabelösung w_a die Lösung ist, die nicht die Genauigkeit innerhalb der voreingestellten Toleranz der Lösung erfüllt, nämlich die Genauigkeit innerhalb der ersten Toleranz der Lösung.

[0052] In Bezug auf die von der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem ausgegebene Lösung w_a kann die mit der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 vorgesehene Vorrichtung, die das Optimierungsproblem lösen muss, bestätigen, ob sie die ausgegebene Lösung w_a übernimmt oder nicht, wenn das Bestim-

mungsflag $fg2$, das die quasi-optimale Lösung angibt, erhalten wird.

[0053] Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 kann die Konvergenzbestimmung der bewerteten Lösung y durchführen, bevor der Berechnungsfehler des Restvektors r_j die Berechnung der optimalen Lösung beeinflusst. Das heißt, die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 kann eine konvergierte Lösung als Ausgangslösung w_a in einer Situation erhalten, in der der im Restvektor r_j enthaltene Berechnungsfehler die Berechnung der optimalen Lösung beeinflusst.

[0054] Es ist zu beachten, dass die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 für ein Optimierungsproblem beschrieben wurde, das die Ungleichheitsbeschränkung umfasst. Selbst wenn die Nebenbedingungen des Optimierungsproblems nur die Gleichheitsbedingungen sind, kann die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 die Konvergenz der evaluierten Lösung y bestimmen, bevor der Berechnungsfehler des Restvektors r_j die Berechnung der optimalen Lösung beeinflusst. Das heißt, dass die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 auch dann eine konvergierte Lösung erhalten kann, wenn der im Restvektor enthaltene Berechnungsfehler die Berechnung der optimalen Lösung beeinträchtigt, selbst wenn die Nebenbedingungen eines Optimierungsproblems nur die Gleichheitsbedingungen sind. In diesem Fall sind die in die Optimierungsberechnungseinheit 200 eingegebenen Eingangsdaten die ausführbare Ausgangslösung w_0 und der über die Schnittstelle 82 eingegebene Gleichheitsrestriktionssatz $S2$. Darüber hinaus sind die Einheit 12 zur Erzeugung der Gleichheitsbedingungen der Einheit 100 zur Erzeugung der Ausgangsbedingungen, die Einheit 31 zur Aktualisierung der Daten, die Einheit 32 zur Bestimmung der aktualisierten Menge und die Einheit 33 zur Bestimmung der aktualisierten Anzahl der Aktualisierungen der Einheit 300 nicht erforderlich. Es ist zu beachten, dass, wenn die Ergebnisausgabereinheit 35 in der Optimierungsberechnungseinheit 200 umfasst ist, die Aktualisierungseinheit 300 unnötig ist.

[0055] Ferner wurde in der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 ein Beispiel beschrieben, in dem die Aktualisierungseinheit 300 das erste Beispiel des in **Fig. 8** dargestellten Betriebsablaufs ausführt. Der Schritt zur Bestimmung der Aktualisierungsanzahl des Schrittes ST33 ist jedoch nicht auf den Fall beschränkt, dass nur die Berechnungsiterationenanzahl k verwendet wird. Beispielsweise kann die itera-

tive Lösungsberechnungsanzahl j zum Lösen der simultanen linearen Gleichung SLE, die in dem Schritt zur Berechnung der bewerteten Lösung des Schritts ST23 ausgeführt wird, berücksichtigt werden. Beispielsweise kann die Aktualisierung oder die Berechnung beendet werden, wenn eine Berechnungsgesamtanzahl kt , die die Summe der Berechnungsiterationenanzahl k und der iterativen Lösungsberechnungsanzahl j ist, einen oberen Grenzwert ktm der gesamten Berechnungsanzahl erreicht. **Fig. 9** zeigt ein zweites Beispiel des Betriebsablaufs in der Aktualisierungseinheit 300, in dem sich die obige Änderung widerspiegelt. Darüber hinaus kann der obere Grenzwert der Iterationszahl für jede der Berechnungsiterationen k und der iterativen Lösungsberechnung j festgelegt werden, um eine Überwachung durchzuführen. **Fig. 10** zeigt ein drittes Beispiel des Betriebsablaufs in der Aktualisierungseinheit 300, in dem die obige Änderung berücksichtigt wird. Wenn die Aktualisierungseinheit 300 das zweite Beispiel oder das dritte Beispiel des Betriebsablaufs ausführt, kann die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 verhindern, dass die Berechnung aufgrund einer Erhöhung der Iterationszahl des Optimierungsberechnungsschritts von Schritt ST2 und einer Erhöhung der Berechnungszeit nicht in einem vorgegebenen Zyklus abgeschlossen wird.

[0056] Das zweite Beispiel des in **Fig. 9** gezeigten Betriebsablaufs in der Aktualisierungseinheit 300 unterscheidet sich von dem in **Fig. 8** gezeigten ersten Beispiel des Betriebsablaufs dadurch, dass der Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 in einen Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST38 geändert wird. Die Unterschiede zum ersten Beispiel des in **Fig. 8** dargestellten Betriebsablaufs werden hauptsächlich beschrieben. Die Aktualisierungseinheit 300 führt den Datenaktualisierungsschritt von Schritt ST31 und den Berechnungsbestimmungsschritt von Schritt ST37 aus. Die Berechnungsbestimmung in Schritt ST37 umfasst den Schritt zur Bestimmung der Aktualisierungsmenge in Schritt ST32, den Schritt zur Bestimmung der Aktualisierungsanzahl in Schritt ST38, den Schritt zur Bestimmung des Zwischenbestimmungskennzeichens in Schritt ST35 und den Schritt zur Ausgabe des Ergebnisses in Schritt ST36. Der Schritt zur Bestimmung der Aktualisierungszahl in Schritt ST38 wird von der Einheit zur Bestimmung der Aktualisierungszahl 33 ausgeführt. Wenn im Schritt ST32 zur Bestimmung der Mengenaktualisierung die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k$ und die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k+1$ unterschiedlich sind, fährt das Verfahren mit Schritt ST38 fort.

[0057] In dem Schritt ST38 zur Bestimmung der Aktualisierungszahl bestimmt die Einheit 33 zur

Bestimmung der Aktualisierungszahl, ob die Berechnungsgesamtzahl kt , die die Summe der Berechnungsiteration k und der iterativen Lösungsberechnungsanzahl j ist, den oberen Grenzwert ktm der Gesamtanzahl erreicht hat, der voreingestellt ist, erreicht hat oder nicht. Wenn die Berechnungsgesamtanzahl kt den oberen Grenzwert ktm der Gesamtanzahl erreicht hat, wird mit Schritt ST35 fortgefahren. Hat die Berechnungssummenzahl kt den oberen Grenzwert ktm der Berechnungssummenzahl nicht erreicht, gibt die Aktualisierungseinheit 300 den Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ und die von der Datenaktualisierungseinheit 31 erzeugte Lösung $wk+1$ an die Optimierungs-berechnungseinheit 200 aus und beendet den Aktualisierungsschritt von Schritt ST3. Das Ende ist in diesem Fall das Aktualisierungsende. Wenn die Berechnungssummenzahl kt den oberen Grenzwert ktm der Berechnungssummenzahl erreicht hat, stellt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 fest, dass die Iterationsobergrenze erreicht ist und beendet die Berechnung. Wenn die Berechnungssummenzahl kt den oberen Grenzwert ktm der Berechnungssummenzahl erreicht hat, kann man sagen, dass die Aktualisierungszahl des Gleichheitsbeschränkungssatzes $S2k$ einen oberen Grenzwert erreicht hat. In diesem Fall ist es das vollständige Ende.

[0058] Das dritte Beispiel des in **Fig. 10** gezeigten Betriebsablaufs in der Aktualisierungseinheit 300 unterscheidet sich von dem in **Fig. 8** gezeigten ersten Beispiel des Betriebsablaufs dadurch, dass der Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 in einen Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST39 geändert wird. Die Unterschiede zum ersten Beispiel des in **Fig. 8** gezeigten Betriebsablaufs werden hauptsächlich beschrieben. Die Aktualisierungseinheit 300 führt den Datenaktualisierungsschritt von Schritt ST31 und den Berechnungsbestimmungsschritt von Schritt ST37 aus. Die Berechnungsermittlung in Schritt ST37 umfasst den Schritt der Satzaktualisierungsermittlung von Schritt ST32, den Schritt der Aktualisierungszählungsermittlung von Schritt ST39, den Schritt der Zwischenermittlungskennzeichenermittlung von Schritt ST35 und den Schritt der Ergebnisausgabe von Schritt ST36. Der Schritt zur Bestimmung der Aktualisierungszahl in Schritt ST39 wird von der Einheit zur Bestimmung der Aktualisierungszahl 33 ausgeführt. Wenn im Schritt ST32 zur Bestimmung der Mengenaktualisierung die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k$ und die Gleichheitsbeschränkungsmenge $S2k+1$ unterschiedlich sind, fährt der Prozess mit Schritt ST39 fort.

[0059] Im Schritt ST39 zur Bestimmung der Aktualisierungszahl bestimmt die Einheit 33 zur Bestimmung der Aktualisierungszahl, ob die Berechnungsiteration k den oberen Grenzwert km der

voreingestellten Berechnungsiteration erreicht hat oder die iterative Lösungsberechnungszahl j einen oberen Grenzwert $j_{\max}$ der voreingestellten iterativen Lösungsberechnungszahl erreicht hat. Wenn die Berechnungsiterationenanzahl k den oberen Grenzwert $k_{\max}$ der Berechnungsiterationenanzahl erreicht hat oder die iterative Lösungsberechnungsanzahl j den oberen Grenzwert $j_{\max}$ der iterativen Lösungsberechnungsanzahl erreicht hat, fährt das Verfahren mit Schritt ST35 fort, und wenn die Berechnungsiterationenanzahl k nicht den oberen Grenzwert $k_{\max}$ der Berechnungsiterationenanzahl erreicht hat oder die iterative Lösungsberechnungsanzahl j nicht den oberen Grenzwert $j_{\max}$ der iterativen Lösungsberechnungsanzahl erreicht hat, gibt die Aktualisierungseinheit 300 den Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ und die von der Datenaktualisierungseinheit 31 erzeugte Lösung $wk+1$ an die Optimierungsberechnungseinheit 200 aus und beendet den Aktualisierungsschritt von Schritt ST3. Das Ende ist in diesem Fall das Aktualisierungsende. Wenn die Berechnungsiterationenanzahl k den oberen Grenzwert $k_{\max}$ der Berechnungsiterationenanzahl erreicht hat oder die iterative Lösungsberechnungsanzahl j den oberen Grenzwert $j_{\max}$ der iterativen Lösungsberechnungsanzahl erreicht hat, stellt die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 fest, dass die Iterationsobergrenze erreicht ist und beendet die Berechnung. Wenn die Berechnungsiterationenanzahl k den oberen Grenzwert $k_{\max}$ der Berechnungsiterationenanzahl oder iterative Lösungsberechnungsanzahl j den oberen Grenzwert $j_{\max}$ der iterativen Lösungsberechnungsanzahl erreicht hat, kann man sagen, dass die Aktualisierungsanzahl des Gleichheitsbeschränkungssatzes $S2k$ einen oberen Grenzwert erreicht hat. In diesem Fall ist dies das vollständige Ende.

[0060] Wie oben beschrieben, ist die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 eine Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem, bei der eine Lösung für ein eingegebenes Optimierungsproblem über die Verarbeitung durch die Aktualisierungseinheit 300 berechnet wird. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem umfasst: die Einheit 100 zur Erzeugung von Anfangsbedingungen, die als Eingaben den Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$, der der Satz von Ungleichheits-Beschränkungen in Bezug auf ein Optimierungsproblem ist, die Bewertungseinheit J und die Anfangslösung $w0$ in erfasst, den ausführbaren Anfangslösungssatz $w0$ erzeugt, der alle Ungleichheits-Beschränkungen im Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$ auf der Basis der Anfangslösung $w0$ in erfüllt, und den Gleichheits-Beschränkungssatz $S2$ aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$ in Bezug auf die ausführbare Anfangslösung $w0$ erzeugt, wobei der Gleichheits-Beschränkungssatz $S2$ der Satz von Ungleichheits-Beschränkungen ist, bei denen das Gleichheitszei-

chen gilt; die Optimierungsberechnungseinheit 200, die eine Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE, die aus dem Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k$ (Gleichheitsbeschränkungssatz $S2$ oder Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$) und der Bewertungsfunktion J erzeugt wird, in Bezug auf die Eingabelösung (Lösung wk), die die ausführbare Anfangslösung $w0$ zum ersten Mal oder die durch die Aktualisierungseinheit 300 aktualisierte Lösung $wk+1$ zum nächsten Mal oder später ist, berechnet und die bewertete Lösung y berechnet, die die Bewertungsfunktion J minimiert oder maximiert; und die Aktualisierungseinheit 300, die die von der Optimierungsberechnungseinheit 200 ausgegebene bewertete Lösung y bestimmt, den Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k+1$ erzeugt, der durch Aktualisieren der von der bewerteten Lösung y zu erfüllenden Zwänge aus dem Gleichheitsbeschränkungssatz $S2k$ aktualisiert wird, und die Eingabelösung (Lösung $wk+1$) erzeugt, die auf der Grundlage der Eingabelösung (Lösung wk) und der bewerteten Lösung y , die die vorherigen Lösungen sind, aktualisiert wird. Die Optimierungsberechnungseinheit 200 umfasst: die anfängliche Berechnungseinheit 22, die die anfängliche Restnorm $NR0$ aus dem anfänglichen Restvektor rin berechnet, der die Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung SLE und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung SLE in Bezug auf die Eingabelösung (Lösung wk) ist; die Berechnungseinheit 25 für die iterative Lösung, die das iterative Verfahren durchführt und die iterative Lösung yj berechnet, die die Lösung für jede Iterationszahl (iterative Lösungszahl j) der simultanen linearen Gleichung SLE ist; die Normberechnungseinheit 26, die die Restnorm NRj aus dem Restvektor rj berechnet, der die Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung SLE und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die iterative Lösung yj ist, die von der iterativen Lösungsberechnungseinheit 25 berechnet wurde und die Konvergenzbestimmungseinheit 27, die bestimmt, dass die iterative Lösung yj konvergiert hat, wenn die Restnorm NRj gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth ist, der der größere des voreingestellten ersten Schwellenwerts $Nt1$ und des zweiten Schwellenwerts $Nt2$ ist, die auf der Basis des Relaxationsparameters m und der anfänglichen Restnorm $NR0$ eingestellt sind, und die iterative Lösung yj , die als konvergiert bestimmt worden ist, als die bewertete Lösung y ausgibt. Die Aktualisierungseinheit 300 stellt fest, dass die bewertete Lösung y die optimale Lösung $wg1$ ist, wenn eine Aktualisierung des Gleichheitsrestriktionssatzes $S2k$ als unnötig festgestellt wird und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der erste Schwellenwert $Nt1$ ist, und gibt die optimale Lösung $wg1$ als Ausgangslösung wa aus, die die Lösung eines Optimierungsproblems ist. In der Opti-

mal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 mit der obigen Konfiguration stellt die Konvergenzbestimmungseinheit 27 fest, dass die iterative Lösung y_j konvergiert hat, wenn die Restnorm NR_j gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} ist, der der größere des voreingestellten ersten Schwellenwerts N_{t1} und des zweiten Schwellenwerts N_{t2} ist, der auf der Grundlage des Relaxationsparameters m und der anfänglichen Restnorm NR_0 eingestellt ist, und die als konvergent ermittelte iterative Lösung y_j als die bewertete Lösung y ausgibt, und die Bewertungseinheit 300 die bewertete Lösung als die optimale Lösung bestimmt, wenn eine Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes $S2_k$ als unnötig bestimmt wird und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} der erste Schwellenwert N_{t1} ist, so dass eine konvergierte Lösung in einer Situation erhalten werden kann, in der ein in dem Restvektor r_j enthaltener Berechnungsfehler die Berechnung der Lösung beeinflusst.

[0061] Das Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 ist ein Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem, bei dem eine Lösung für ein eingegebenes Optimierungsproblem über die Verarbeitung durch den Aktualisierungsschritt berechnet wird. Das Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem umfasst: den Schritt der Erzeugung der Anfangsbedingung, bei dem als Eingaben der Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$, d.h. der Satz von Ungleichheits-Beschränkungen in Bezug auf ein Optimierungsproblem, die Bewertungsfunktion J und die Anfangslösung w_0 in erfasst werden, Erzeugen der ausführbaren Anfangslösung w_0 , die alle Ungleichheits-Beschränkungen im Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$ auf der Basis der Anfangslösung w_0 erfüllt, und Erzeugen des Gleichheits-Beschränkungssatzes $S2$ aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz $S1$ in Bezug auf die ausführbare Anfangslösung w_0 , wobei der Gleichheits-Beschränkungssatz $S2$ der Satz von Ungleichheits-Beschränkungen ist, bei denen das Gleichheitszeichen gilt; den Optimierungsberechnungsschritt des Berechnens einer Lösung der simultanen linearen Gleichung SLE, die aus dem Gleichheitsbeschränkungssatz $S2_k$ (Gleichheitsbeschränkungssatz $S2$ oder Gleichheitsbeschränkungssatz $S2_{k+1}$) und der Bewertungsfunktion J in Bezug auf die Eingabelösung (Lösung w_k) erzeugt wird, die die ausführbare Anfangslösung w_0 zum ersten Mal und die durch die Aktualisierungseinheit 300 aktualisierte Lösung w_{k+1} zum nächsten Mal oder später ist, und des Berechnens der bewerteten Lösung y , die die Bewertungsfunktion J minimiert oder maximiert; und den Aktualisierungsschritt des Bestimmens der bewerteten Lösung y , die in dem Optimierungsberechnungsschritt ausgege-

ben wird, des Erzeugens des Gleichheitsbeschränkungssatzes $S2_{k+1}$, der durch Aktualisieren der durch die bewertete Lösung y zu erfüllenden Einschränkungen aus dem Gleichheitseinschränkungssatz $S2_k$ aktualisiert wird, und des Erzeugens der Eingabelösung (Lösung w_{k+1}), die auf der Grundlage der Eingabelösung (Lösung w_k) und der bewerteten Lösung y , die die vorherigen Lösungen sind, aktualisiert wird. Der Schritt der Optimierungsberechnung umfasst: den Anfangsnorm-Berechnungsschritt des Berechnens der anfänglichen Restnorm NR_0 aus dem anfänglichen Restvektor r_{in} , der die Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung SLE und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung SLE in Bezug auf die Eingabelösung (Lösung w_k) ist; den iterativen Lösungsberechnungsschritt des Durchführens des iterativen Verfahrens und des Berechnens der iterativen Lösung y_j , die die Lösung für jede Iterationszahl (iterative Lösungsberechnungszahl j) der simultanen linearen Gleichung SLE ist; den Normberechnungsschritt des Berechnens der Restnorm NR_j aus dem Restvektor r_j , der die Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung SLE und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die iterative Lösung y_j , die durch den iterativen Lösungsberechnungsschritt berechnet wurde, ist und den Konvergenzbestimmungsschritt des Bestimmens, dass die iterative Lösung y_j konvergiert hat, wenn die Restnorm NR_j gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} ist, der der größere des voreingestellten ersten Schwellenwerts N_{t1} und des zweiten Schwellenwerts N_{t2} ist, die auf der Basis des Relaxationsparameters m und der anfänglichen Restnorm NR_0 eingestellt sind, und des Ausgebens der iterativen Lösung y_j , die als konvergiert bestimmt worden ist, als die evaluierte Lösung y . In dem Aktualisierungsschritt wird bestimmt, dass die bewertete Lösung y die optimale Lösung w_{g1} ist, wenn eine Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes $S2_k$ als unnötig bestimmt wird und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} der erste Schwellenwert N_{t1} ist, und die optimale Lösung w_{g1} wird als die Ausgabelösung w_a ausgegeben, die die Lösung eines Optimierungsproblems ist. In dem Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem in Ausführungsform 1 mit der obigen Konfiguration wird in dem Konvergenzbestimmungsschritt bestimmt, dass eine iterative Lösung y_j konvergiert hat, wenn die Restnorm NR_j gleich oder kleiner als der Konvergenzbestimmungsschwellenwert N_{th} ist, der der größere des voreingestellten ersten Schwellenwerts N_{t1} und des zweiten Schwellenwerts N_{t2} ist, der auf der Grundlage des Relaxationsparameters m und der anfänglichen Restnorm NR_0 eingestellt ist, die als konvergent ermittelte iterative Lösung y_j als die bewertete Lösung y ausgegeben wird, und im Aktualisierungsschritt die bewertete

Lösung als die optimale Lösung ermittelt wird, wenn eine Aktualisierung des Gleichheitsbeschränkungssatzes S2k als unnötig ermittelt wird und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der erste Schwellenwert Nt1 ist, so dass eine konvergierte Lösung in einer Situation erhalten werden kann, in der ein im Restvektor rj enthaltener Berechnungsfehler die Berechnung der Lösung beeinflusst.

Ausführungsform 2.

[0062] Fig. 11 ist ein Diagramm, das ein erstes Beispiel für einen Funktionsblock in einer Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 2 zeigt, und Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein zweites Beispiel für einen Funktionsblock in der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 2 zeigt. In der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 1 wurde ein Beispiel beschrieben, bei dem die Ergebnisausgabeeinheit 35 die Informationen des Zwischenbestimmungsflags fg1 im Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt von Schritt ST35 nicht bestimmt, wenn der Prozess vom Aktualisierungszählungs-Bestimmungsschritt von Schritt ST33 ausgegangen ist. Die Optimal-Lösung-Berechnungseinheit 81 gemäß Ausführungsform 2 ist ein Beispiel, bei dem die Ergebnisausgabeeinheit 35 die Information des Zwischenbestimmungsflags fg1 bestimmt und die Ausgabelösung wa ausgibt, die die Lösung angibt, die die obere Iterationsgrenze erreicht hat, selbst wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 ausgegangen ist. Im ersten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem gemäß der in Fig. 11 gezeigten Ausführungsform 2 werden eine erste Obergrenzen-iterativ-Lösung wu1 und eine zweite Obergrenzen-iterativ-Lösung wu2 als Ausgabelösung wa zusätzlich zu einer optimalen Lösung wg1 und einer quasi-optimalen Lösung wg2 ausgegeben. Im zweiten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 für ein Optimierungsproblem gemäß Ausführungsform 2 in Fig. 12 wird als Ausgabelösung wa zusätzlich zu der optimalen Lösung wg1 und der quasi-optimalen Lösung wg2 eine iterative obere Grenzlösung wu ausgegeben. Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 der Ausführungsform 2 unterscheidet sich von der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 der Ausführungsform 1 durch den Betrieb der Ergebnisausgabeeinheit 35 der Aktualisierungseinheit 300. Die Unterschiede zur Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 1 werden im Wesentlichen beschrieben.

[0063] Im ersten Beispiel des in Fig. 8 gezeigten Betriebsablaufs in der Aktualisierungseinheit 300 kann in dem Fall, in dem der Prozess von dem Satz-

aktualisierungsbestimmungsschritt des Schrittes ST32 zu dem Zwischenbestimmungskennzeichenbestimmungsschritt des Schrittes ST35 fortschreitet, da die Eingabedaten nicht aktualisiert werden, selbst wenn die Berechnung durch die Optimierungs-berechnungseinheit 200 durchgeführt wird, keine von der aktuellen Lösung verbesserte Lösung erhalten werden. In diesem Fall kann man sagen, dass die Lösung eine vollständig konvergierte Lösung ist. In dem Fall, in dem der Prozess nach dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 zum Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt des Schrittes ST35 weitergeht, obwohl es der Fall ist, in dem die aktuelle Lösung verbessert werden kann, weil die Datenaktualisierung in dem Satzaktualisierungsbestimmungsschritt des Schrittes ST32 durchgeführt wird, kann das Zwischenbestimmungsflag fg1 in einigen Fällen die erste konvergente Lösung oder die zweite konvergente Lösung in dem Konvergenzbestimmungsschritt des Schrittes ST44 umfassen. Da die erste konvergente Lösung den ersten Schwellenwert Nt1 erfüllt, ist sie eine Lösung, die die vorgegebene erste Toleranz der Lösung erfüllt und eine ausreichend optimierte Lösung ist. Die zweite konvergente Lösung ist eine Lösung, die die voreingestellte zweite Toleranz der Lösung erfüllt, die weniger streng ist als die erste Toleranz und eine quasi-optimierte Lösung ist.

[0064] In dem Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt des Schrittes ST35 bestimmt die Ergebnisausgabeeinheit 35 Informationen über das Zwischenbestimmungsflag fg1. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 erzeugt das Bestimmungsflag fg2, das die optimale Lösung angibt, wenn das Verfahren vom Schritt ST32 zur Bestimmung der Mengenaktualisierung ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die erste konvergente Lösung angibt. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 erzeugt das Bestimmungsflag fg2, das die quasi-optimale Lösung angibt, wenn der Prozess von dem Schritt ST32 zur Bestimmung der Mengenaktualisierung ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die zweite konvergente Lösung angibt. In dem Fall, in dem das Verfahren von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 ausgegangen ist, führt die Ergebnisausgabeeinheit 35 die Bestimmung wie folgt durch und erzeugt das Bestimmungsflag fg2.

[0065] Die Ergebnisausgabeeinheit 35 erzeugt das Bestimmungsflag fg2, das die erste Obergrenzen-iterativ-Lösung angibt, wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die erste konvergente Lösung angibt. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 erzeugt das Bestimmungsflag fg2, das die zweite iterative obere Grenzlösung angibt, wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des

Schrittes ST33 ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die zweite konvergente Lösung angibt. Beispielsweise kann in dem Fall, in dem das Bestimmungsflag fg2 ein 3-Bit-Signal ist, das Bestimmungsflag fg2, wenn es 7 ist, eine optimale Lösung angeben, und wenn das Bestimmungsflag fg2 6 ist, kann es eine quasi-optimale Lösung angeben. Ferner kann das Bestimmungsflag fg2, wenn es 3 ist, die erste iterative obere Grenzlösung angeben, und wenn das Bestimmungsflag fg2 2 ist, die zweite iterative obere Grenzlösung angeben.

[0066] In einem Ergebnisausgabeschritt des Schrittes ST36 gibt die Ergebnisausgabeeinheit 35 die Ausgangslösung wa und das Bestimmungsflag fg2 aus. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 gibt die bewertete Lösung y als die Ausgabelösung wa der optimalen Lösung, nämlich der optimalen Lösung wg1, aus und gibt das Bestimmungsflag fg2 aus, das die optimale Lösung angibt, wenn das Verfahren von dem Set-Update-Bestimmungsschritt von Schritt ST32 ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die erste konvergente Lösung angibt. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 gibt die bewertete Lösung y als Ausgabelösung wa der quasi-optimalen Lösung, nämlich der quasi-optimalen Lösung wg2, aus und gibt das Bestimmungsflag fg2 aus, das die quasi-optimale Lösung angibt, wenn das Verfahren von dem Set-Update-Bestimmungsschritt von Schritt ST32 ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die zweite konvergente Lösung angibt. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 gibt die Ausgabelösung wa und das Bestimmungsflag fg2 wie folgt aus, wenn das Verfahren von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 fortgeschritten ist.

[0067] Die Ergebnisausgabeeinheit 35 gibt die bewertete Lösung y als die Ausgabelösung wa der ersten iterativen oberen Grenzlösung aus, nämlich die erste iterative obere Grenzlösung wu1, und gibt das Bestimmungsflag fg2 aus, das die erste iterative obere Grenzlösung angibt, wenn das Verfahren von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die erste konvergente Lösung angibt. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 gibt die bewertete Lösung y als Ausgabelösung wa der zweiten iterativen Obergrenzenlösung, nämlich der zweiten iterativen Obergrenzenlösung wu2, aus und gibt das Bestimmungsflag fg2 aus, das die zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung angibt, wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 fortgeschritten ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die zweite konvergente Lösung angibt. Die optimale Lösung wg1, die quasi-optimale Lösung wg2, die erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung wu1 und die zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung wu2, die als Ausgabelösung wa ausgegeben werden, sind alle konvergente

Lösungen. Die erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung wu1 kann auch als eine Lösung bezeichnet werden, die als Ausgabelösung wa für die Lösung eines Optimierungsproblems ausgegeben wird, wenn die bewertete Lösung y als erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung bestimmt wird und die bewertete Lösung y nicht als die optimale Lösung wg1 oder die quasi-optimale Lösung wg2 im Fall von optimaler Lösung wg2 in dem Fall, in dem der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der erste Schwellenwert Nt1 ist und in dem Fall, in dem das Verfahren über den Schritt der Bestimmung der Aktualisierungsanzahl des Schrittes ST33 fortgeschritten ist und die Aktualisierungsanzahl für den Gleichheitsbeschränkungssatz S2k den oberen Grenzwert erreicht hat. Die zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung wu2 kann auch als eine Lösung bezeichnet werden, die als die Ausgabelösung wa für die Lösung eines Optimierungsproblems ausgegeben wird, wenn die bewertete Lösung y als die zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung bestimmt wird und die bewertete Lösung y nicht als die optimale Lösung wg1 oder die quasi-optimale Lösung wg2 in dem Fall optimaler Lösung wg1 oder die quasi-optimale Lösung wg2 bestimmt wird, wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der zweite Schwellenwert Nt2 ist und wenn das Verfahren über den Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 fortgeschritten ist und die Aktualisierungszählung für den Gleichheitsbeschränkungssatz S2k den oberen Grenzwert erreicht hat.

[0068] In dem Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt von Schritt ST35, wenn das Zwischenbestimmungsflag fg1 nicht die erste konvergente Lösung oder die zweite konvergente Lösung angibt, bestimmt die Ergebnisausgabeeinheit 35, dass die erste konvergente Lösung oder die zweite konvergente Lösung nicht erhalten wird, und gibt das Bestimmungsflag fg2 aus, das keine Lösung in dem Ergebnisausgabeschritt von Schritt ST36 angibt. In diesem Fall wird die Ausgangslösung wa nicht ausgegeben. Beispielsweise ist das Bestimmungsflag fg2, das keine Lösung angibt, 1.

[0069] Da das erste Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 eine der optimalen Lösung wg1, der quasi-optimalen Lösung wg2, der ersten iterativen oberen Grenzlösung wu1 und der zweiten iterativen oberen Grenzlösung wu2 als die Ausgabelösung wa ausgibt, in einer Vorrichtung, in der die Ausgabelösung wa aus dem ersten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 erfasst wird, oder in einem Verfahren der nachfolgenden Stufe die Ausgabelösung wa als die optimale Lösung wg1, die quasi-optimale Lösung wg2, die erste iterative obere Grenzlösung wu1 und die zweite iterative obere Grenzlösung wu2 erfasst werden kann. Daher kann in der Vorrichtung, die die Ausgabelösung wa

aus dem ersten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 erfasst, oder im Prozess der nachfolgenden Stufe bestätigt werden, ob die Ausgabelösung wa übernommen werden soll oder nicht, und es ist möglich, den Prozess in Abhängigkeit von der zu übernehmenden Ausgabelösung wa zu ändern.

[0070] Obwohl im ersten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 eine der optimalen Lösung wg1, der quasi-optimalen Lösung wg2, der ersten iterativen oberen Grenzlösung wu1 und der zweiten iterativen oberen Grenzlösung wu2 als die Ausgabelösung wa ausgegeben wird, die iterative obere Grenzlösung wu anstelle der ersten iterativen oberen Grenzlösung wu1 und der zweiten iterativen oberen Grenzlösung wu2 ausgegeben werden kann, wie in dem zweiten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2, die in **Fig. 12**. Unterschiede zum ersten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 werden hauptsächlich beschrieben.

[0071] In dem Zwischenbestimmungsflag-Bestimmungsschritt des Schrittes ST35, wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 ausgegangen ist, führt die Ergebnisausgabeeinheit 35 die Bestimmung wie folgt durch und erzeugt das Bestimmungsflag fg2. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 erzeugt das Bestimmungsflag fg2, das die iterative obere Grenzlösung angibt, wenn das Verfahren von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 ausgegangen ist, und das Zwischenbestimmungsflag fg1 gibt die erste konvergente Lösung oder die zweite konvergente Lösung an. Beispielsweise kann in dem Fall, in dem das Bestimmungsflag fg2 ein 3-Bit-Signal ist, wenn das Bestimmungsflag fg2 von 7 ist, eine optimale Lösung angegeben werden, wenn das Bestimmungsflag fg2 von 6 ist, kann eine quasi-optimale Lösung angegeben werden, und wenn das Bestimmungsflag fg2 von 4 ist, kann eine iterative obere Grenzlösung angegeben werden.

[0072] In dem Ergebnisausgabeschritt des Schrittes ST36, wenn der Prozess von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt des Schrittes ST33 fortgeschritten ist, werden die Ausgabelösung wa und das Bestimmungsflag fg2 wie folgt ausgegeben. Die Ergebnisausgabeeinheit 35 gibt die bewertete Lösung y als Ausgabelösung wa der iterativen oberen Grenzlösung, nämlich der iterativen oberen Grenzlösung wu, aus und gibt das Bestimmungsflag fg2 aus, das die iterative obere Grenzlösung angibt, wenn das Verfahren von dem Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 ausgegangen ist und das Zwischenbestimmungsflag fg1 die erste konvergente Lösung oder die zweite konvergente Lösung angibt. Die optimale Lösung wg1,

die quasi-optimale Lösung wg2 und die iterative obere Grenzlösung wu, die als Ausgabelösung wa ausgegeben wird, sind alle konvergente Lösungen. Die iterative obere Grenzlösung wu kann auch dann als Lösung bezeichnet werden, die als Ausgabelösung wa für die Lösung eines Optimierungsproblems ausgegeben wird, wenn die bewertete Lösung y als iterative obere Grenzlösung bestimmt wird und die bewertete Lösung y nicht als optimale Lösung wg1 oder quasi-optimale Lösung wg2 bestimmt wird. Lösung wg1 oder die quasi-optimale Lösung wg2 bestimmt wird, wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert Nth der erste Schwellenwert Nt1 oder der zweite Schwellenwert Nt2 ist und wenn das Verfahren über den Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 fortgeschritten ist und die Aktualisierungszählung für den Gleichheitsbeschränkungssatz S2k den oberen Grenzwert erreicht hat.

[0073] Da das zweite Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 eine der optimalen Lösung wg1, der quasi-optimalen Lösung wg2 und der iterativen oberen Grenzlösung wu als die Ausgabelösung wa ausgibt, in einer Vorrichtung, die die Ausgabelösung wa aus dem zweiten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 erfasst wird, oder in einem Verfahren der nachfolgenden Stufe die Ausgabelösung wa als die optimale Lösung wg1, die quasi-optimale Lösung wg2 und die iterative obere Grenzlösung wu erfasst werden kann. Daher kann in der Vorrichtung, die die Ausgangslösung wa aus dem zweiten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 erfasst, oder im Prozess der nachfolgenden Stufe bestätigt werden, ob die Ausgangslösung wa übernommen werden soll oder nicht, und es ist möglich, den Prozess in Abhängigkeit von der zu übernehmenden Ausgangslösung wa zu ändern.

[0074] Die Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 wurde anhand des ersten Beispiels des Betriebsablaufs in der Aktualisierungseinheit 300 in **Fig. 8** beschrieben. In der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 kann die Aktualisierungseinheit 300 jedoch auch gemäß dem in **Fig. 9** oder **Fig. 10** gezeigten Betriebsablauf arbeiten. Wenn die Aktualisierungseinheit 300 gemäß dem Betriebsablauf von **Fig. 9** arbeitet, wird der Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 durch den Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST38 ersetzt. Wenn die Aktualisierungseinheit 300 gemäß dem Betriebsablauf von **Fig. 10** arbeitet, wird der Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST33 durch den Aktualisierungszählungsbestimmungsschritt von Schritt ST39 ersetzt. Selbst in diesem Fall, da das erste Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Aus-

führungsform 2 eine der optimalen Lösung wg1, der quasi-optimalen Lösung wg2, der ersten iterativen oberen Grenzlösung wu1 und der zweiten iterativen oberen Grenzlösung wu2 als die Ausgabelösung wa ausgibt, in der Vorrichtung, in der die Ausgabelösung wa aus dem ersten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 erfasst wird, oder im Prozess der nachfolgenden Stufe die Ausgabelösung wa als die optimale Lösung wg1, die quasi-optimale Lösung wg2, die erste iterative obere Grenzlösung wu1 und die zweite iterative obere Grenzlösung wu2 erfasst werden kann. Da das zweite Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 eine der optimalen Lösung wg1, der quasi-optimalen Lösung wg2 und der iterativen oberen Grenzlösung wu als die Ausgabelösung wa, in der Vorrichtung, die die Ausgabelösung wa aus dem zweiten Beispiel der Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung 81 von Ausführungsform 2 erfasst wird, oder im Prozess der nachfolgenden Stufe die Ausgabelösung wa als die optimale Lösung wg1, die quasi-optimale Lösung wg2 und die iterative obere Grenzlösung wu erfasst werden kann.

[0075] Es ist zu beachten, dass, obwohl in der vorliegenden Anmeldung verschiedene beispielhafte Ausführungsformen und Beispiele beschrieben werden, verschiedene Merkmale, Aspekte und Funktionen, die in einer oder mehreren Ausführungsformen beschrieben werden, nicht mit einer bestimmten Ausführungsform verbunden sind und allein oder in ihren verschiedenen Kombinationen auf jede Ausführungsform anwendbar sein können. Dementsprechend sind im Rahmen des hier offengelegten Standes der Technik zahllose Varianten denkbar, die nicht dargestellt sind. Beispielsweise ist der Fall umfasst, dass mindestens ein Bestandteil verändert, hinzugefügt oder weggelassen wird, und der Fall, dass mindestens ein Bestandteil extrahiert und mit einem Bestandteil einer anderen Ausführungsform kombiniert wird.

Bezugszeichenliste

25	Iterativ-Lösungs-Berechnungseinheit,
26	Norm-Berechnungseinheit,
27	Konvergenz-Bestimmungseinheit,
35	Ergebnis-Ausgabereinheit,
81	Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem,
100	Anfangsbedingungs-Erzeugungseinheit,
200	Optimierungs-Berechnungseinheit,
300	Aktualisierungseinheit,

fg2	Bestimmungsflag,
J	Bewertungsfunktion,
j	Anzahl der iterativen Lösungsrechnungen,
jma	oberer Grenzwert der Anzahl der iterativen Lösungsberechnungen,
k	Anzahl der Berechnungsiterationen,
km	oberer Grenzwert der Anzahl der Berechnungsiterationen,
kt	Anzahl der Berechnungen insgesamt,
ktm	oberer Grenzwert der Anzahl der Berechnungen insgesamt,
m	Relaxationsparameter,
NR0	anfängliche Restnorm,
NRj	Restnorm,
Nt1	erster Schwellenwert,
Nt2	zweiter Schwellenwert,
Nth	Konvergenzbestimmungsschwellenwert,
rin	anfänglicher Restvektor,
rj	Restvektor,
S1	Ungleichheits-Beschränkungssatz,
S2	Gleichheits-Beschränkungssatz,
S2k	Gleichheits-Beschränkungssatz,
S2k+1	Gleichheits-Beschränkungssatz,
SLE	simultane lineare Gleichung,
w0	ausführbare Anfangslösung,
w0in	Anfangslösung,
wa	Ausgangslösung,
wg1	optimale Lösung,
wg2	quasi-optimale Lösung,
wk	Lösung,
wk+1	Lösung,
wu	Obergrenzen-Iterativ-Lösung,
wu1	erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung,
wu2	zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung,
y	evaluierte Lösung,
yj	iterative Lösung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2004310375 [0004]

Patentansprüche

1. Eine Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem, die eine Lösung für ein eingegebenes Optimierungsproblem über eine Verarbeitung durch eine Aktualisierungseinheit berechnet, wobei die Vorrichtung umfasst:

- eine Anfangsbedingungs-Erzeugungseinheit, um als Eingaben einen Ungleichheits-Beschränkungssatz, der ein Satz von Ungleichheits-Beschränkungen in Bezug auf das Optimierungsproblem ist, eine Bewertungsfunktion und eine Anfangslösung zu erfassen, eine ausführbare Anfangslösung zu erzeugen, die alle Ungleichheits-Beschränkungen in dem Ungleichheits-Beschränkungssatz auf der Grundlage der Anfangslösung erfüllt, und einen Gleichheits-Beschränkungssatz aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz in Bezug auf die ausführbare Anfangslösung zu erzeugen, wobei der Gleichheits-Beschränkungssatz ein Satz von Gleichheits-Beschränkungen ist, bei denen ein Gleichheitszeichen gilt;
- eine Optimierungsberechnungseinheit zum Berechnen einer Lösung einer simultanen linearen Gleichung, die aus dem Gleichheits-Beschränkungssatz und der Bewertungsfunktion erzeugt wird, in Bezug auf eine Eingabelösung, die die ausführbare Anfangslösung für ein erstes Mal oder eine durch die Aktualisierungseinheit für ein nächstes Mal oder später aktualisierte Lösung ist, und zum Berechnen einer bewerteten Lösung, die die Bewertungsfunktion minimiert oder maximiert; und
- die Aktualisierungseinheit, um die von der Optimierungsberechnungseinheit ausgegebene bewertete Lösung zu bestimmen, den Gleichheits-Beschränkungssatz zu erzeugen, der durch Aktualisieren von durch die bewertete Lösung zu erfüllenden Beschränkungen aus dem Gleichheits-Beschränkungssatz aktualisiert wird, und die auf der Grundlage der Eingabelösung und der bewerteten Lösung, die vorherige Lösungen sind, aktualisierte Eingabelösung zu erzeugen, wobei

die Optimierungsberechnungseinheit umfasst:

- eine Anfangsnorm-Berechnungseinheit, um eine anfängliche Restnorm aus einem anfänglichen Restvektor zu berechnen, der eine Differenz zwischen einem Vektor einer linken Seite der simultanen linearen Gleichung und einem Vektor einer rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die Eingabelösung ist;
- eine Iterativ-Lösung-Berechnungseinheit, um ein iteratives Verfahren durchzuführen und eine iterative Lösung zu berechnen, wobei die iterative Lösung eine Lösung für jede Iterationszahl der simultanen linearen Gleichung ist;
- eine Normberechnungseinheit, um eine Restnorm aus einem Restvektor zu berechnen, wobei der Restvektor eine Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen

ren Gleichung in Bezug auf die iterative Lösung ist, die von der Iterativ-Lösung-Berechnungseinheit berechnet wurde; und

eine Konvergenzbestimmungseinheit, um zu bestimmen, dass die iterative Lösung konvergiert hat, wenn die Restnorm gleich oder kleiner als ein Konvergenzbestimmungsschwellenwert ist, wobei der Konvergenzbestimmungsschwellenwert ein größerer von einem voreingestellten ersten Schwellenwert und einem zweiten Schwellenwert ist, die auf der Grundlage eines Relaxationsparameters und der anfänglichen Restnorm eingestellt sind, und um die iterative Lösung, für die bestimmt wurde, dass sie konvergiert hat, als die bewertete Lösung auszugeben, wobei

die Aktualisierungseinheit die bewertete Lösung als eine optimale Lösung bestimmt, wenn eine Aktualisierung des Gleichheits-Beschränkungssatzes als unnötig bestimmt wird, und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der erste Schwellenwert ist, und die optimale Lösung als eine Ausgabelösung ausgibt, die eine Lösung des Optimierungsproblems ist.

2. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 1, wobei ein Wert des Relaxationsparameters ein voreingestellter Wert von 10^2 bis 10^4 ist, wenn eine Lösung des Optimierungsproblems unter Verwendung einer Variablen vom Einfachpräzisionstyp berechnet wird, und ein Wert des Relaxationsparameters ein voreingestellter Wert von 10^8 bis 10^{12} ist, wenn eine Lösung des Optimierungsproblems unter Verwendung einer Variablen vom Doppelpräzisionstyp berechnet wird.

3. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Aktualisierungseinheit die bewertete Lösung als eine quasi-optimale Lösung bestimmt, wenn eine Aktualisierung des Gleichheits-Beschränkungssatzes als unnötig bestimmt wird, und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der zweite Schwellenwert ist und die quasi-optimale Lösung als eine Ausgabelösung ausgibt, die eine Lösung für das Optimierungsproblem ist, wenn die bewertete Lösung nicht als die optimale Lösung bestimmt wird.

4. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 3, wobei die Aktualisierungseinheit, wenn ein Aktualisierungszahlwert des Gleichheits-Beschränkungssatzes einen oberen Grenzwert erreicht, die bewertete Lösung als eine erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung bestimmt, wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der erste Schwellenwert ist, die bewertete Lösung als eine zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung bestimmt, wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der zweite Schwellenwert

ist, und, wenn die bewertete Lösung nicht als die optimale Lösung oder die quasi-optimale Lösung bestimmt wird, entweder die erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung oder die zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung als eine Ausgabelösung ausgibt, die eine Lösung des Optimierungsproblems ist.

5. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 3, wobei die Aktualisierungseinheit, wenn ein Aktualisierungszählwert des Gleichheits-Beschränkungssatzes einen oberen Grenzwert erreicht, die bewertete Lösung als eine Obergrenzen-Iterativ-Lösung bestimmt, wenn der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der erste Schwellenwert oder der zweite Schwellenwert ist, und die Obergrenzen-Iterativ-Lösung als eine Ausgabelösung ausgibt, die eine Lösung für das Optimierungsproblem ist, wenn die bewertete Lösung nicht als die optimale Lösung oder die quasi-optimale Lösung bestimmt wird.

6. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 3, wobei die Aktualisierungseinheit eine Ergebnisausgabeinheit umfasst, um ein Bestimmungsflag auszugeben, das angibt, ob die Ausgabelösung die optimale Lösung oder die quasi-optimale Lösung ist.

7. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 4, wobei die Aktualisierungseinheit eine Ergebnisausgabeinheit umfasst, um ein Bestimmungsflag auszugeben, das angibt, dass die Ausgabelösung entweder die optimale Lösung, die quasi-optimale Lösung, die erste Obergrenzen-Iterativ-Lösung oder die zweite Obergrenzen-Iterativ-Lösung ist.

8. Optimal-Lösung-Berechnungsvorrichtung für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 5, wobei die Aktualisierungseinheit eine Ergebnisausgabeinheit umfasst, um ein Bestimmungsflag auszugeben, das angibt, dass die Ausgabelösung entweder die optimale Lösung, die quasi-optimale Lösung oder die Obergrenzen-Iterativ-Lösung ist.

9. Ein Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem, das eine Lösung für ein eingegebenes Optimierungsproblem über eine Verarbeitung durch einen Aktualisierungsschritt berechnet, wobei das Verfahren umfasst: einen Anfangsbedingungs-Erzeugungsschritt des Erfassens, als Eingaben, eines Ungleichheits-Beschränkungssatzes, der ein Satz von Ungleichheits-Beschränkungen in Bezug auf das Optimierungsproblem ist, einer Bewertungsfunktion und einer Anfangslösung, des Erzeugens einer ausführbaren Anfangslösung, die alle Ungleichheits-Beschränkungen in dem Ungleichheits-Beschränkungssatz auf der Grundlage der Anfangslösung

erfüllt, und des Erzeugens eines Gleichheits-Beschränkungssatzes aus dem Ungleichheits-Beschränkungssatz in Bezug auf die ausführbare Anfangslösung, wobei der Gleichheits-Beschränkungssatz ein Satz von Gleichheits-Beschränkungen ist, bei denen ein Gleichheitszeichen gilt; einen Optimierungsberechnungsschritt des Berechnens einer Lösung einer simultanen linearen Gleichung, die aus dem Gleichheits-Beschränkungssatz und der Bewertungsfunktion erzeugt wird, in Bezug auf eine Eingabelösung, die die ausführbare Anfangslösung für ein erstes Mal oder eine im Aktualisierungsschritt aktualisierte Lösung für ein nächstes Mal oder später ist, und des Berechnens einer bewerteten Lösung, die die Bewertungsfunktion minimiert oder maximiert; und den Aktualisierungsschritt des Bestimmens der in dem Optimierungsberechnungsschritt ausgegebenen bewerteten Lösung, des Erzeugens des Gleichheits-Beschränkungssatzes, der durch Aktualisieren von durch die bewertete Lösung zu erfüllenden Beschränkungen aus dem Gleichheits-Beschränkungssatz aktualisiert wird, und des Erzeugens der auf der Grundlage der Eingabelösung und der bewerteten Lösung aktualisierten Eingabelösung, die vorherige Lösungen sind, wobei der Optimierungsberechnungsschritt umfasst: einen Anfangsnorm-Berechnungsschritt des Berechnens einer anfänglichen Restnorm aus einem anfänglichen Restvektor, wobei der anfängliche Restvektor eine Differenz zwischen einem Vektor einer linken Seite der simultanen linearen Gleichung und einem Vektor einer rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die Eingabelösung ist; einen iterativen Lösungsberechnungsschritt des Durchführens eines iterativen Verfahrens und des Berechnens einer iterativen Lösung, wobei die iterative Lösung eine Lösung für jede Iterationszahl der simultanen linearen Gleichung ist; einen Normberechnungsschritt zum Berechnen einer Restnorm aus einem Restvektor, wobei der Restvektor eine Differenz zwischen dem Vektor der linken Seite der simultanen linearen Gleichung und dem Vektor der rechten Seite der simultanen linearen Gleichung in Bezug auf die in dem iterativen Lösungsberechnungsschritt berechnete iterative Lösung ist; und einen Konvergenzbestimmungsschritt des Bestimmens, dass die iterative Lösung konvergiert hat, wenn die Restnorm gleich oder kleiner als ein Konvergenzbestimmungsschwellenwert ist, wobei der Konvergenzbestimmungsschwellenwert ein größerer von einem voreingestellten ersten Schwellenwert und einem zweiten Schwellenwert ist, der auf der Grundlage eines Relaxationsparameters und der anfänglichen Restnorm eingestellt ist, und des Ausgebens der iterativen Lösung, für die bestimmt worden ist, dass sie konvergiert hat, als die bewertete Lösung, wobei der Aktualisierungsschritt die bewertete Lösung als

eine optimale Lösung bestimmt, wenn eine Aktualisierung des Gleichheits-Beschränkungssatzes als unnötig bestimmt wird, und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der erste Schwellenwert ist, und die optimale Lösung als eine Ausgabelösung ausgibt, die eine Lösung des Optimierungsproblems ist.

10. Optimal-Lösung-Berechnungsverfahren für ein Optimierungsproblem nach Anspruch 9, wobei der Aktualisierungsschritt die bewertete Lösung als eine quasi-optimale Lösung bestimmt, wenn eine Aktualisierung der Gleichheits-Beschränkungssatzes als unnötig bestimmt wird, und der Konvergenzbestimmungsschwellenwert der zweite Schwellenwert ist und die quasi-optimale Lösung als eine Ausgabelösung ausgibt, die eine Lösung für das Optimierungsproblem ist, wenn die bewertete Lösung nicht als die optimale Lösung bestimmt wird.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

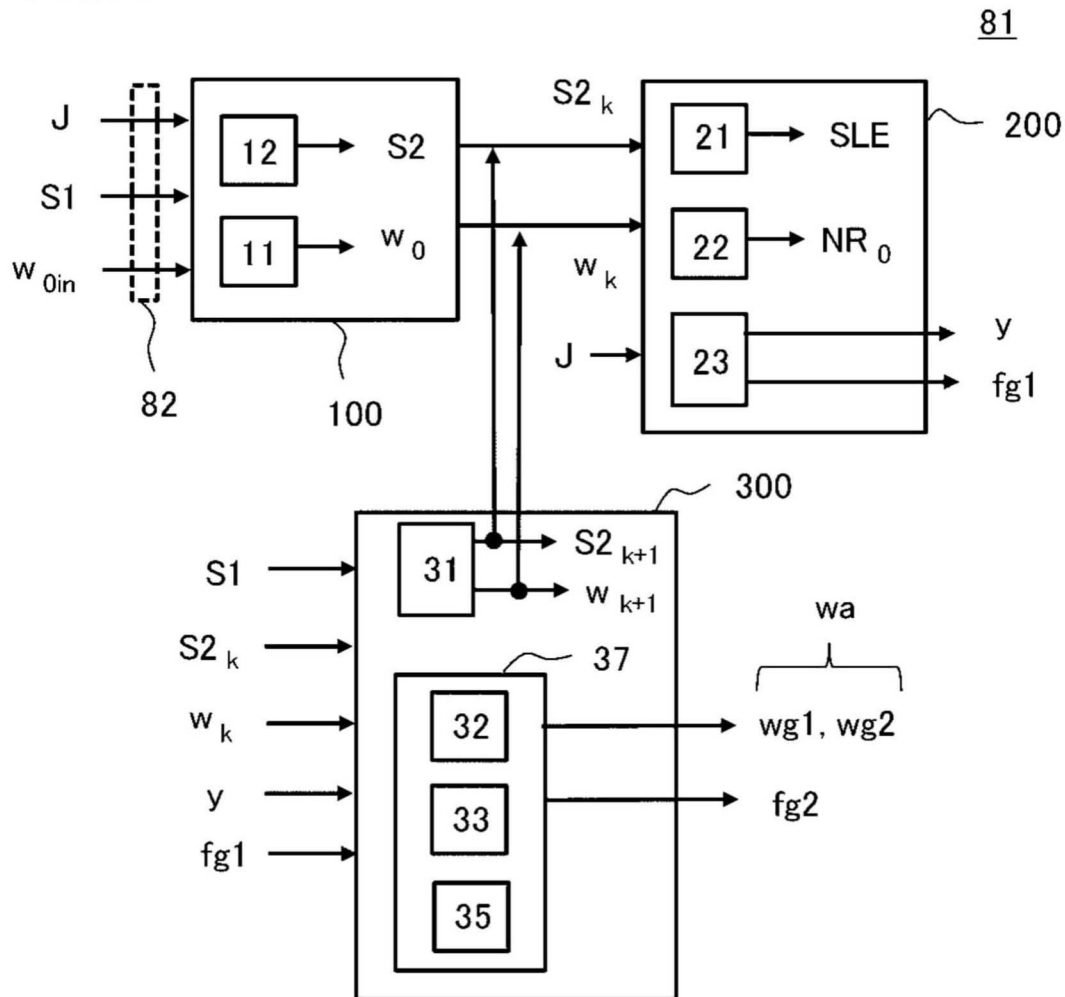


FIG. 2

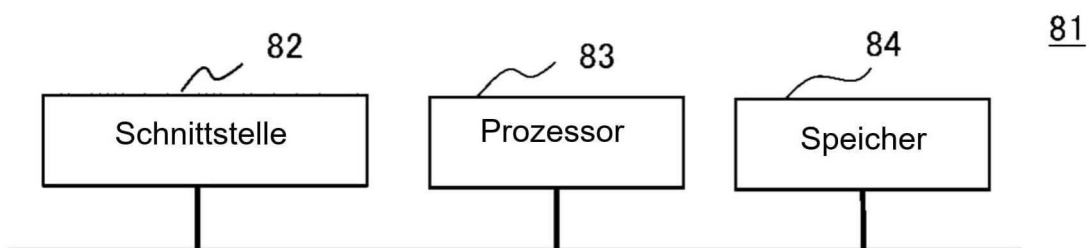


FIG. 3

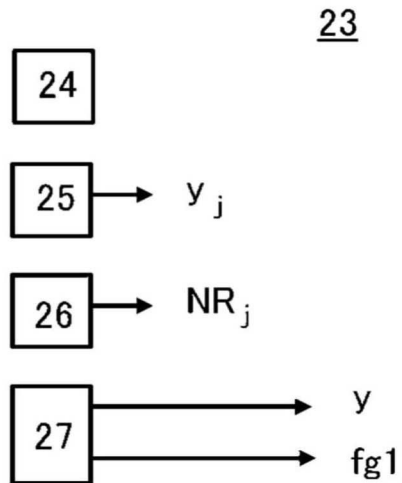


FIG. 4

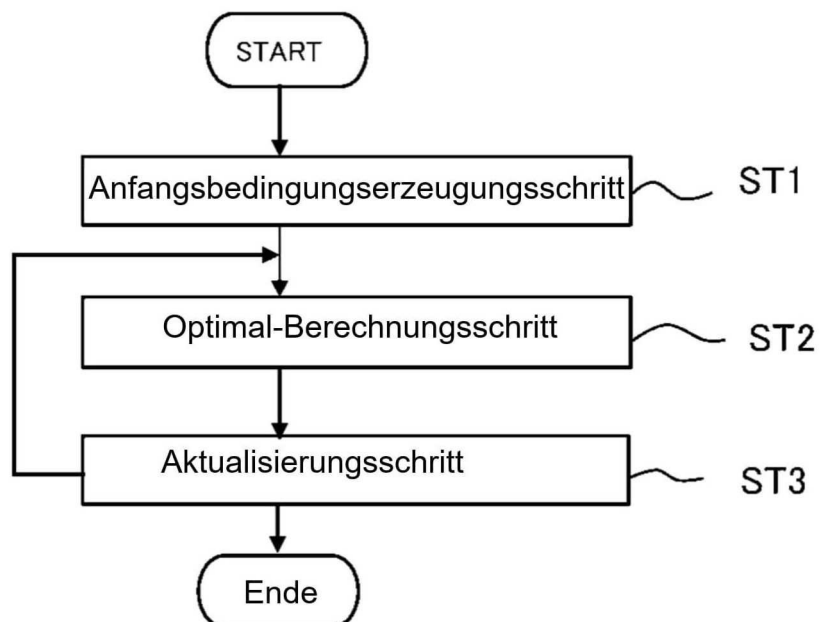


FIG. 5

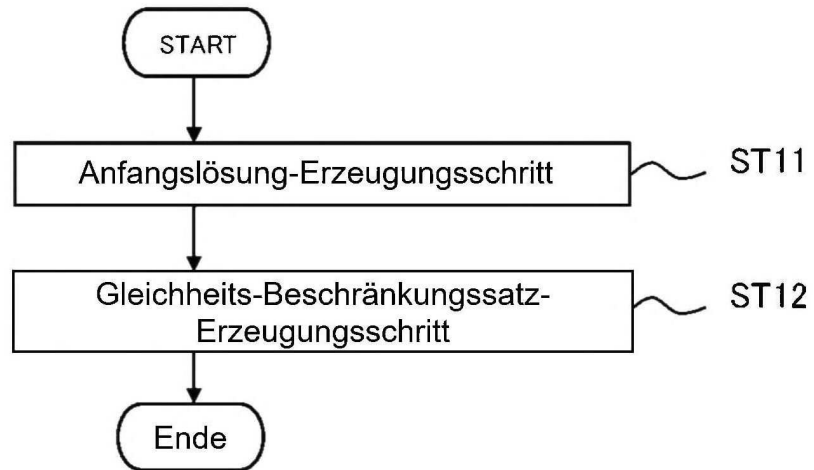


FIG. 6

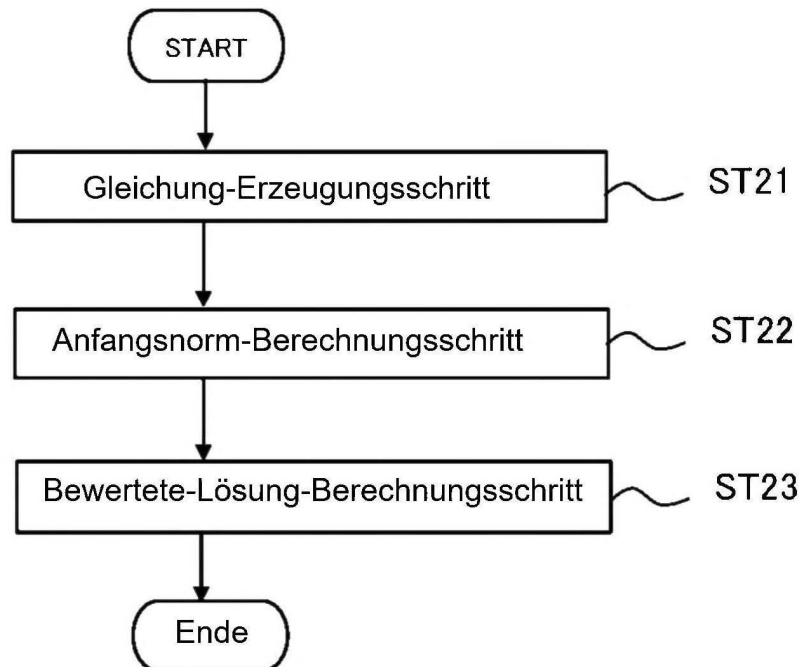


FIG. 7

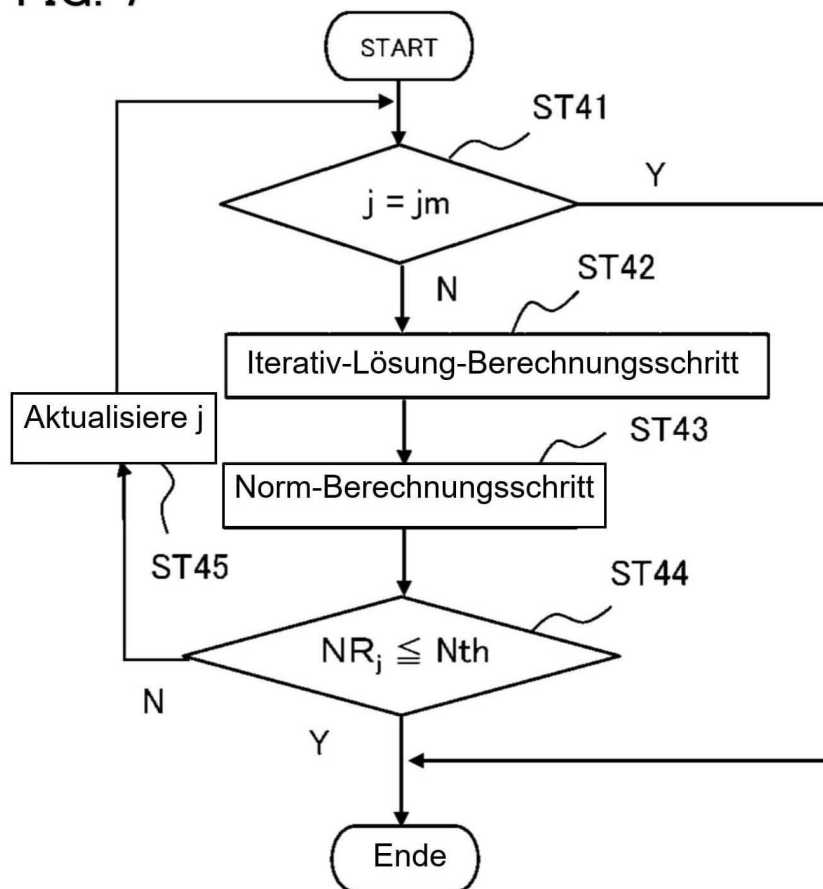


FIG. 8

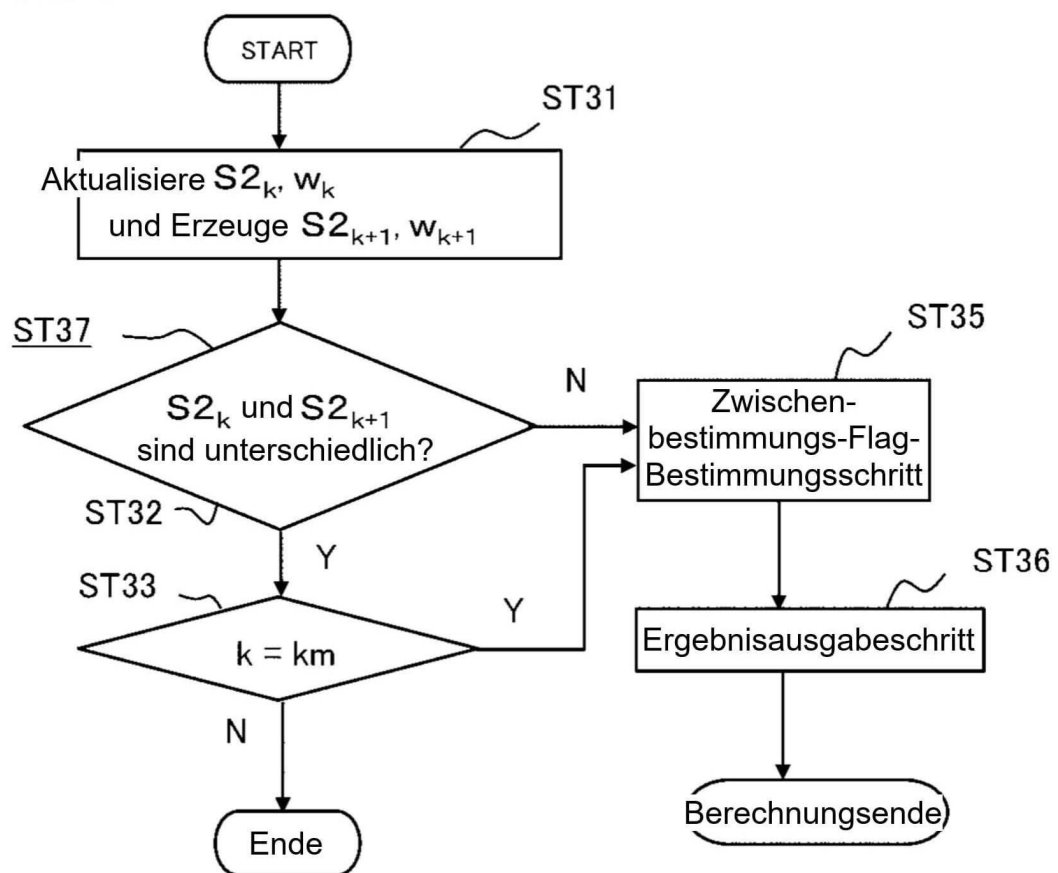


FIG. 9

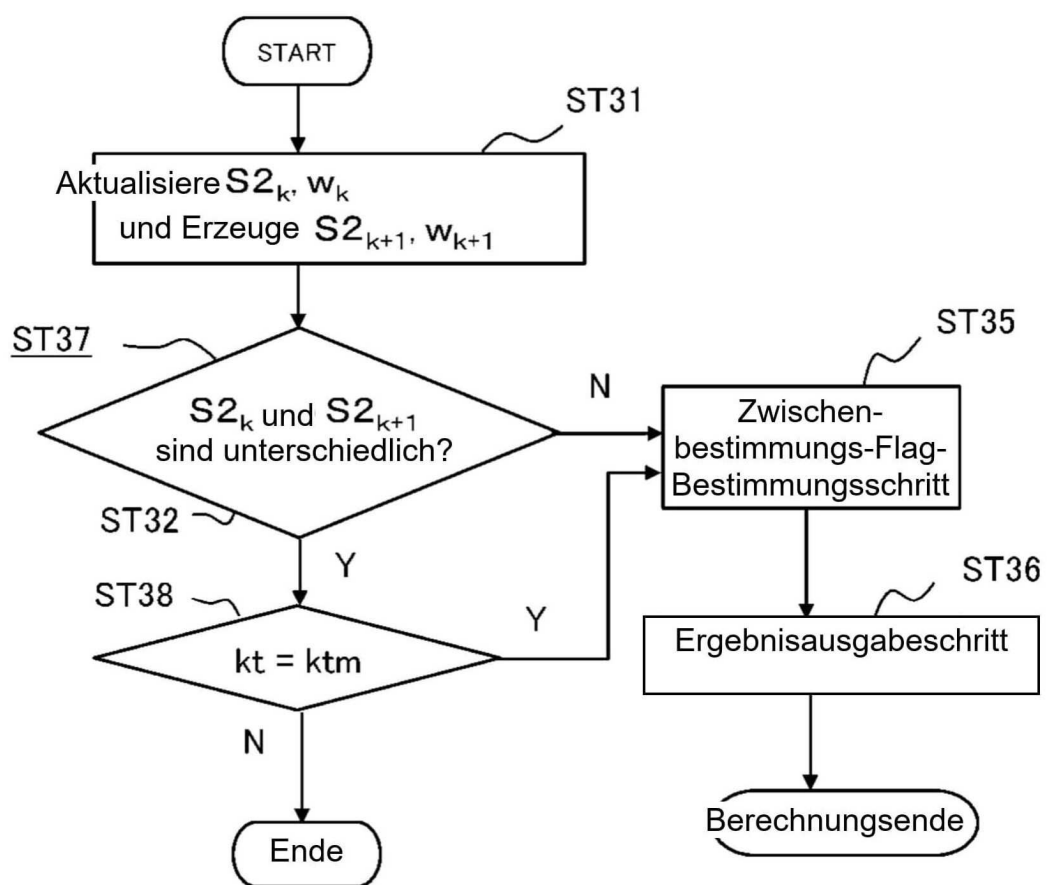


FIG. 10

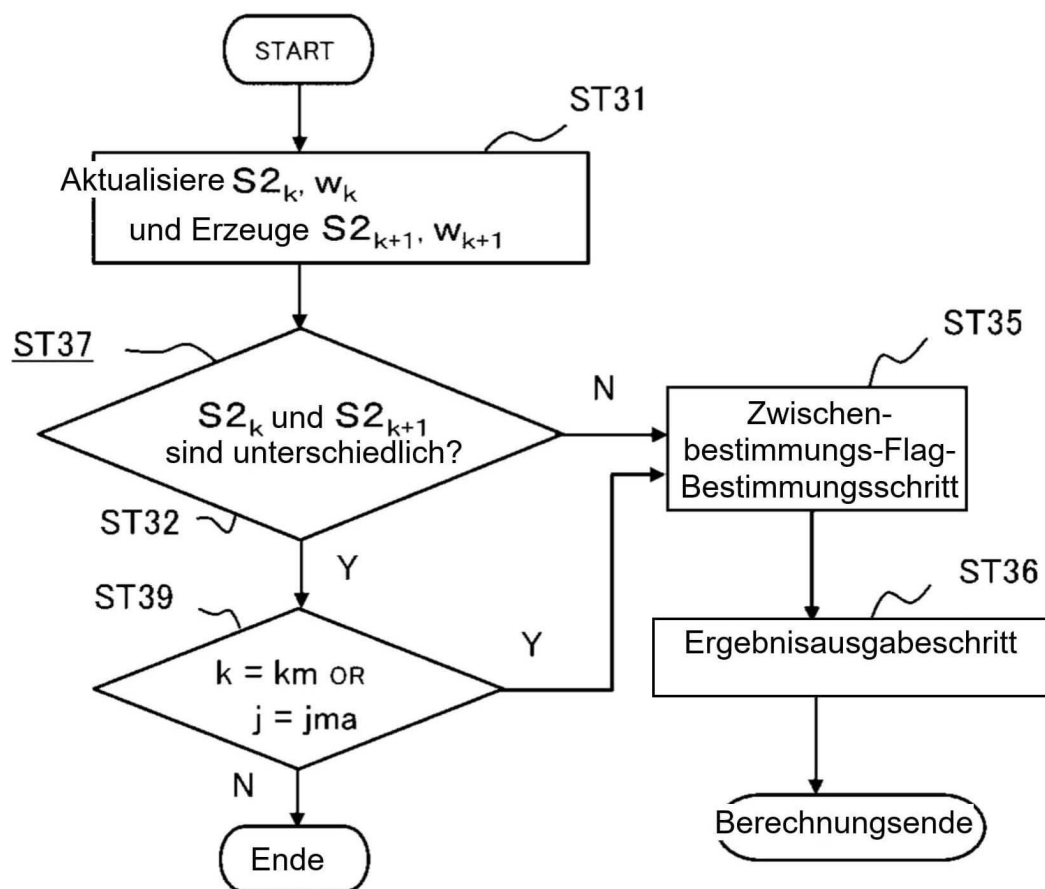


FIG. 11

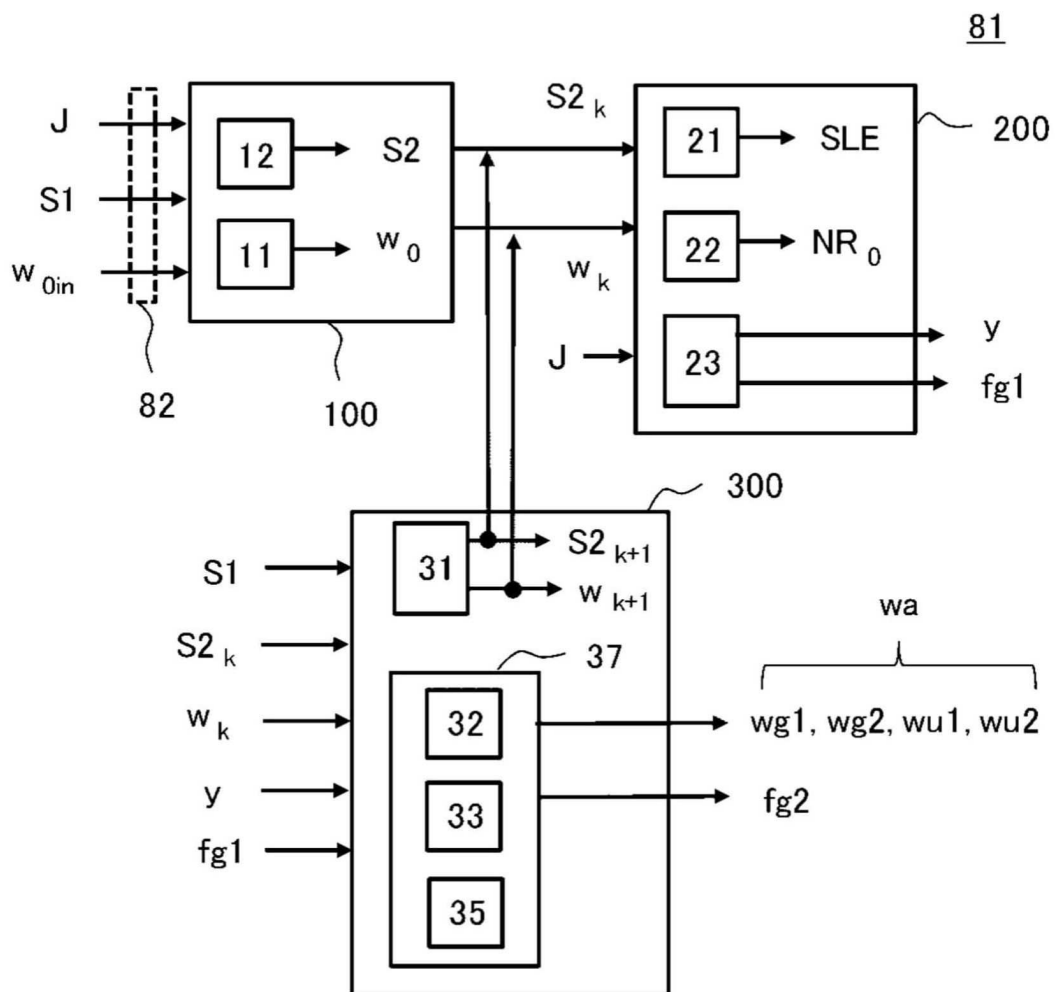


FIG. 12

