

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年8月23日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/111159 A1

- (51) 国際特許分類:
B60L 9/18 (2006.01) B60L 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/053564
- (22) 国際出願日: 2011年2月18日(18.02.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パイオニア株式会社 (PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 加藤 正浩 (KATO, Masahiro) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP). 村松 英治 (MURAMATSU, Eiji) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP). 川端 千尋 (KAWABATA, Chihiro) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP). 北野 和俊 (KITANO, Kazutoshi) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa

(JP). 橋本 和信 (HASHIMOTO, Kazunobu) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP). 竹内 吉和 (TAKEUCHI, Yoshikazu) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 酒井 昭徳 (SAKAI, Akinori); 〒1006020 東京都千代田区霞が関3丁目2番5号 霞が関ビルディング20階 酒井総合特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

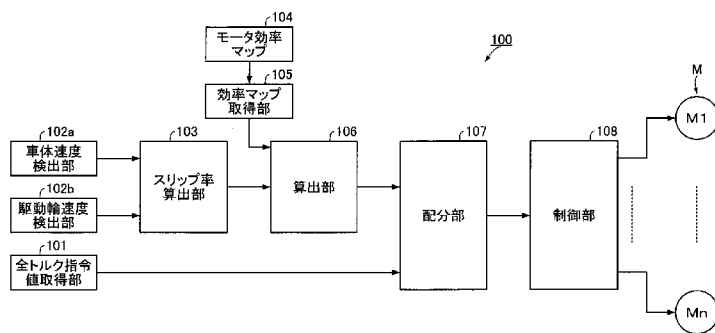
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: TORQUE DISTRIBUTION DEVICE, TORQUE DISTRIBUTION METHOD, TORQUE DISTRIBUTION VALUE GENERATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: トルク配分装置、トルク配分方法、トルク配分値生成方法およびプログラム

[図1]



- 101 Total torque command value acquisition unit
- 102a Vehicle speed detection unit
- 102b Drive wheel velocity detection unit
- 103 Slip ratio calculation unit
- 104 Motor efficiency map
- 105 Efficiency map acquisition unit
- 106 Calculation unit
- 107 Distribution unit
- 108 Control unit

(57) Abstract: This torque distribution device (100) is provided with: a total torque command value acquisition unit (101) that acquires a total torque command value that has been input; an efficiency map acquisition unit (105) that acquires a motor efficiency map (104) of an installed motor; a vehicle speed detection unit (102a) that detects the vehicle speed of the vehicle in which the motor is installed; a drive wheel rotational velocity detection unit (102b) that detects the drive wheel rotational velocity of a drive wheel; a slip ratio calculation unit (103) that calculates the slip ratio of the drive wheel on the basis of the vehicle speed and the drive wheel rotational velocity; a calculation unit (106) that, on the basis of the slip ratio, creates an efficiency change formula that indicates the efficiency value on an operating line indicating the relationship between torque and drive wheel rotational velocity, and calculates the optimally efficient torque value of the efficiency change formula on the operating line; a distribution unit (107) that, on the basis of the total torque command value and the optimally efficient torque value, calculates a torque distribution value with respect to each motor; and a

control unit (108) that, on the basis of the calculated torque distribution values, controls the torque distribution to each motor.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/111159 A1



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

トルク配分装置 (100) は、入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得部 (101) と、搭載モータのモータ効率マップ (104) を取得する効率マップ取得部 (105) と、モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出部 (102a) と、駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆動輪回転速度検出部 (102b) と、車体速度及び駆動輪回転速度に基づいて、駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出部 (103) と、スリップ率に基づいて、駆動輪回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出部 (106) と、全トルク指令値、および、最適効率トルク値に基づいて、各々のモータに対するトルク配分値を算出する配分部 (107) と、算出したトルク配分値に基づいて、各々のモータへトルク配分制御する制御部 (108) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

トルク配分装置、トルク配分方法、トルク配分値生成方法およびプログラム

技術分野

[0001] この発明は、移動体の複数の駆動輪を駆動する際のトルクを配分するトルク配分装置、トルク配分方法、トルク配分値生成方法およびプログラムに関する。ただし、この発明の利用は、上述したトルク配分装置、トルク配分方法、トルク配分値生成方法およびプログラムには限られない。

背景技術

[0002] 従来、移動体である電気自動車（EV）に複数のモータを設け、複数の駆動輪（車輪）を駆動するトルクを配分するトルク配分として、下記の各技術が開示されている。

[0003] 一つめの技術は、モータトルクの各組み合わせについて電力消費を演算によって求め、横軸に駆動力配分をとったグラフを得て、トルク配分する構成である。この構成では、出力可能電力 P_{out} [kW] と、トルク制限値の範囲内で過渡要求駆動力を実現するモータトルクの組み合わせを実現した場合の電力消費の最小値（以下、最小電力消費）との大小関係を比較する。出力可能電力 P_{out} [kW] が最小電力消費以上であると判断した場合には、最小電力消費となる前後輪のモータトルクをそのままトルク指令値としている（下記特許文献1参照。）。

[0004] 二つめの技術は、合計トルクを複数のモータに配分する構成であり、前部の駆動輪2個同士と、後部の駆動輪2個同士とは互いに等しいトルク配分として、システム効率が最大となるトルク配分比を示すシステム効率マップを作成して用いる構成である（下記特許文献2参照。）。

[0005] 三つめの技術は、要求駆動パワーおよび車速に基づいて燃料消費量、蓄電装置の充放電電力および前後輪の駆動力配分の関係を示したマップを検索す

る。この後に、抽出されたマップの中で蓄電装置の充放電電力に対する燃料消費量が最小になる駆動力配分を抽出することにより、燃費向上前後駆動力配分マップを得る構成である（下記特許文献3参照。）。

[0006] 四つめの技術は、駆動力配分決定部が、モータ要求駆動力に対応するモータ要求駆動トルクおよび車両速度と、モータジェネレータの各々のトルクおよび車両速度に対する効率特性とに基づいて、モータジェネレータの間での駆動トルク配分を決定する。この際、低出力域での駆動トルク配分と、高出力域での駆動トルク配分とを異なるパターンを用いて制御し、モータジェネレータ全体の効率を最も高くする構成である（下記特許文献4参照。）。

[0007] 五つめの技術は、左右前車輪に要求される駆動トルクの総和と、モータジェネレータの回転速度とに基づいて、モータジェネレータ全体の駆動効率が最大となるように、右前車輪と、左前車輪との駆動トルク配分を決定する。そして、旋回方向に応じてモータジェネレータのいずれか一方のみを駆動するように右前車輪と、左前車輪との駆動トルク配分を決定する構成である（下記特許文献5参照。）。

[0008] 六つめの技術は、エネルギー効率に基づいて車輪のトルク配分をおこなう制御（エネルギー効率の制御）と、各車輪の荷重配分に基づいて車輪のトルク配分をおこなう制御（荷重配分の制御）とが選択可能な構成である（下記特許文献6参照。）。

[0009] このような、4輪駆動車の前輪および後輪を、電動モータにより駆動するにあたり、要求トルクおよびエネルギー効率をパラメータとして用い、エネルギー効率が相対的に高くなるようにする制御は、たとえば、特許文献2等
に開示されているように、既に知られている技術である。また、前輪および後輪における荷重の配分比は、たとえば、4輪駆動車の重心の高さ、重心から前輪までの距離、重心から後輪までの距離、前輪の車軸と後輪の車軸との間の距離（ホイールベース）、左右輪の幅（トレッド）、車両の旋回加速度（横加速度）、車両の前後方向の加速度などにより求められ、前輪と後輪との間における荷重の配分比と一致させるように、前輪および後輪におけるト

ルクの配分比を決定するようになっている。このパラメータを用いて、前輪および後輪の荷重配分比を求め、その荷重の配分比に応じてトルクの配分比を決定する制御については、たとえば、下記特許文献7等により既に知られている技術である。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開2006-180657号公報
- 特許文献2：特開2006-345677号公報
- 特許文献3：特開2007-37217号公報
- 特許文献4：特開2007-313982号公報
- 特許文献5：国際公開第2007/064025号パンフレット
- 特許文献6：特開2009-159682号公報
- 特許文献7：特開2006-213130号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] しかしながら、上記の特許文献1～7に記載の技術は、モータの高効率を目的としてモータトルクを配分するという技術思想であり、モータの効率マップを活用してこのモータ効率マップ上の最適効率トルク値に基づいてトルク配分するものではない。
- [0012] また、特許文献1～3に記載の技術は、いずれも駆動輪を前部と後部の2個ずつに配分する構成であり、各駆動輪を独立して制御することを想定していない。また、特許文献4に記載の技術は、ハイブリッド車に適用され、左右後車輪だけが独立したインホイールモータに適用する構成であり、全駆動輪を独立して制御することを想定していない。このような構成では、たとえば4つの駆動輪を独立して制御することができず、複数の駆動輪に対して最適なトルク配分がおこなえない。
- [0013] さらに、上記の特許文献1～7では、いずれも駆動輪（車輪）のスリップ

状態を考慮していないため、高効率化できない不十分なトルク配分制御であった。路面に対する駆動輪のスリップ状態は、移動体の速度、さらに詳細には駆動輪の回転速度等の要因によって変化する。このため、駆動輪のスリップ状態を考慮しておかないと、各駆動輪に対するトルク配分を効率化できず、駆動輪を実際に駆動したときに最適なトルク配分がおこなえず、駆動系全体の効率を最大限とする最適化ができない。

課題を解決するための手段

[0014] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、この発明にかかるトルク配分装置は、駆動輪に接続された複数個のモータの各々に対して、入力された全トルク指令値を配分するトルク配分装置であって、前記入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得手段と、前記モータに対応するモータ効率マップを取得する効率マップ取得手段と、前記モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出手段と、前記駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆動輪回転速度検出手段と、前記車体速度及び前記駆動輪回転速度に基づいて、前記駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出手段と、前記スリップ率に基づいて、前記駆動輪回転速度と前記トルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、前記動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出手段と、前記全トルク指令値、および、前記最適効率トルク値に基づいて、各々の前記モータに対するトルク配分値を算出する配分手段と、算出した前記トルク配分値に基づいて、各々の前記モータへトルク配分制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

[0015] また、この発明にかかるトルク配分方法は、駆動輪に接続された複数個のモータの各々に対して、入力された全トルク指令値をトルク配分装置により配分するトルク配分方法であって、前記入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得工程と、前記モータに対応するモータ効率マップを取得する効率マップ取得工程と、前記モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出工程と、前記駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆

動輪回転速度検出工程と、前記車体速度及び前記駆動輪回転速度に基づいて、前記駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出工程と、前記スリップ率に基づいて、前記駆動輪回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、前記動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出工程と、前記全トルク指令値、および、前記最適効率トルク値に基づいて、各々の前記モータに対するトルク配分値を算出する配分工程と、算出した前記トルク配分値に基づいて、各々の前記モータへトルク配分制御する制御工程と、を含むことを特徴とする。

[0016] また、この発明にかかるトルク配分値生成方法は、駆動輪に接続された複数個のモータの各々に対して、入力された全トルク指令値を配分するためのトルク配分値をトルク配分値生成装置により生成するトルク配分値生成方法であって、前記入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得工程と、前記モータに対応するモータ効率マップを取得する効率マップ取得工程と、前記モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出工程と、前記駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆動輪回転速度検出工程と、前記車体速度及び前記駆動輪回転速度に基づいて、前記駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出工程と、前記スリップ率に基づいて、前記駆動輪回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、前記動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出工程と、前記全トルク指令値、および前記最適効率トルク値に基づいて、前記全トルク指令値および車輪速度に対応する各トルク配分値を求める配分値生成工程と、を含むことを特徴とする。

[0017] また、この発明にかかるプログラムは、上記に記載の方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0018] [図1] 図1は、実施の形態にかかるトルク配分装置の機能的構成を示すブロック図である。

[図2] 図2は、トルク配分装置によるトルク配分処理の手順を示すフローチャ

ートである。

[図3] 図3は、移動体の構成を示す概要図である。

[図4] 図4は、トルク配分装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図5] 図5は、モータ効率マップの一例を示す図である。

[図6] 図6は、スリップ率と摩擦係数の関係を示す図である。

[図7] 図7は、スリップ率を考慮した回転速度とトルクの関係を示す図である。

。

[図8] 図8は、図7に示す変化曲線をモータ効率マップに重ねた状態を示す図である。

[図9-1] 図9-1は、車体速度毎に異なるトルクと効率との関係を示す図である（その1）。

[図9-2] 図9-2は、車体速度毎に異なるトルクと効率との関係を示す図である（その2）。

[図10] 図10は、トルクと効率との関係を示す図である。

[図11-1] 図11-1は、モータに固有のトルク-効率特性を示す図である（その1）。

[図11-2] 図11-2は、モータに固有のトルク-効率特性を示す図である（その2）。

[図11-3] 図11-3は、モータに固有のトルク-効率特性を示す図である（その3）。

[図12-1] 図12-1は、逆U型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である（その1）。

[図12-2] 図12-2は、逆U型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である（その2）。

[図12-3] 図12-3は、逆U型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である（その3）。

[図12-4] 図12-4は、逆U型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である（その4）。

[図12-5] 図12-5は、逆U型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その5）。

[図12-6] 図12-6は、逆U型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その6）。

[図13-1] 図13-1は、△型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その1）。

[図13-2] 図13-2は、△型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その2）。

[図13-3] 図13-3は、△型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その3）。

[図13-4] 図13-4は、△型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その4）。

[図13-5] 図13-5は、△型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その5）。

[図13-6] 図13-6は、△型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その6）。

[図14-1] 図14-1は、人型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その1）。

[図14-2] 図14-2は、人型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その2）。

[図14-3] 図14-3は、人型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その3）。

[図14-4] 図14-4は、人型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その4）。

[図14-5] 図14-5は、人型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その5）。

[図14-6] 図14-6は、人型のトルク－効率特性における各輪の特性を示す図である（その6）。

[図15-1]図15-1は、駆動輪が4つの場合におけるトルク配分を説明するための図である（その1）。

[図15-2]図15-2は、駆動輪が4つの場合におけるトルク配分を説明するための図である（その2）。

[図15-3]図15-3は、駆動輪が4つの場合におけるトルク配分を説明するための図である（その3）。

[図15-4]図15-4は、駆動輪が4つの場合におけるトルク配分を説明するための図である（その4）。

[図15-5]図15-5は、駆動輪が4つの場合におけるトルク配分を説明するための図である（その5）。

[図16-1]図16-1は、トルク－効率の特性における変化率の違いを説明する図である。

[図16-2]図16-2は、トルク－効率の特性における最適効率トルク値からの離れ量を説明する図である。

[図17]図17は、走行パターンに応じた動的トルク配分を説明する図である。

[図18]図18は、回転速度－全トルク指令値に基づく最適駆動輪数の設定データを示す図表である。

[図19]図19は、総合効率を説明するための図である。

[図20]図20は、垂直抗力を一定としたときのトルク－走行効率の関係を示す図である。

[図21]図21は、駆動輪別の垂直抗力が異なる状態を説明する図である。

[図22]図22は、垂直抗力別のトルク－走行効率を示す図表である。

[図23]図23は、移動体全体の総合効率を説明するための図である。

[図24]図24は、実施例2にかかるトルク配分装置の機能的構成を示すブロック図である。

[図25-1]図25-1は、総合効率の計算例を示す図である（その1）。

[図25-2]図25-2は、総合効率の計算例を示す図である（その2）。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に添付図面を参照して、この発明にかかるトルク配分装置、トルク配分方法、トルク配分値生成方法およびプログラムの好適な実施の形態を詳細に説明する。以下の説明において、「回転速度」とは「駆動輪回転速度」であることとして説明する。

[0020] (実施の形態)

(トルク配分装置の構成)

図1は、実施の形態にかかるトルク配分装置の機能的構成を示すブロック図である。実施の形態にかかるトルク配分装置100は、モータ効率マップを用い、このモータ効率マップ上の最適効率トルク値に基づいて複数の駆動輪に対するトルク配分を制御する。

[0021] このトルク配分装置100は、全トルク指令値取得部101と、車体速度検出部102aと、駆動輪速度検出部102bと、スリップ率算出部103と、モータ効率マップ104と、効率マップ取得部105と、算出部106と、配分部107と、制御部108とによって構成される。

[0022] 全トルク指令値取得部101は、移動体を駆動するための全トルク指令値を取得する。すなわち、駆動輪にそれぞれ設けられた複数個 n のモータ M (M_1, M_2, \dots, M_n) を駆動するために入力された全トルク指令値を取得する。なお、この実施形態において、複数個のモータ M は、同じ種類のモータを使用することを前提として説明する。

[0023] 車体速度検出部102aは、移動体の速度を検出する。駆動輪速度検出部102bは、移動体に設けられた駆動輪速度を検出する。駆動輪速度 v_w は、タイヤの半径 r × 駆動輪回転速度 ω より算出される ($v_w = r \times \omega$) 。

[0024] スリップ率算出部103は、車体速度検出部102aにより検出された移動体の速度と、駆動輪速度検出部102bにより検出された駆動輪速度（駆動輪回転速度、およびタイヤ半径）に基づき、後述のように各駆動輪におけるスリップ率を算出する。モータ効率マップ104は、後述する図5のように各モータ M における速度と、トルクとの関係を示すマップであり、このマ

ップ上にはトルクと速度とに基づいて、略直線状の動作線を引くことができる。効率マップ取得部105は、モータMに対応するモータ効率マップ104を取得する。

[0025] モータ効率マップの取得は、1. モータメーカーあるいは車メーカーがあらかじめ用意したモータ効率マップをメモリ等に保持しておく、2. 移動体を走行させながらモータ効率マップを作成する、等が考えられる。

[0026] 算出部106は、スリップ率算出部103により算出されたスリップ率に基づいて、回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成して、前記動作線上の効率変化式における最適効率トルク値を算出する。

[0027] 配分部107は、後述のように全トルク指令値取得部101により取得した全トルク指令値と、算出部106により算出した最適効率トルク値に基づいて、各々のモータMに対するトルク配分値を算出する。制御部108は、配分部107により算出したトルク配分値に基づいて、各々のモータMへのトルク配分を制御する。

[0028] (トルク配分処理について)

図2は、トルク配分装置によるトルク配分処理の手順を示すフローチャートである。はじめに、全トルク指令値取得部101により、駆動輪にそれぞれ設けられた複数個のモータM(M1, M2, …Mn)を駆動するためにアクセルペダルから入力された全トルク指令値Tを取得する(ステップS201)。次に、車体速度検出部102aにより、移動体の車体速度を検出し(ステップS202)、駆動輪速度検出部102bにより、駆動輪における車輪速度を検出する(ステップS203)。そして、スリップ率算出部103により、移動体速度、駆動輪速度(駆動輪回転速度とタイヤ半径)を用いて駆動輪におけるスリップ率を算出する(ステップS204)。

[0029] 次に、効率マップ取得部105により、モータMに対応するモータ効率マップ104を取得する(ステップS205)。次に、算出部106により、駆動輪速度検出部102bにより検出された車輪速度と、スリップ率算出部

103によって算出されたスリップ率に基づいて、回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成して、前記動作線上の効率変化式における最適効率トルク値 T_0 を算出する（ステップS206）。次に、配分部107により、全トルク指令値取得部101により取得した全トルク指令値 T と、算出部106により算出した最適効率トルク値 T_0 に基づいて、各々のモータ M に対するトルク配分値を算出する（ステップS207）。そして、制御部108により、配分部107が算出したトルク配分値に基づいて、各々のモータ M へのトルク配分を制御する（ステップS208）。

[0030] 一般にモータ効率マップ上の動作線は直線状とされているが、実際には、トルク配分を変更すると駆動輪のトルクが変化し、それに応じて駆動輪の回転速度が変化することになる。したがって、車体速度が一定の条件下では、モータ効率マップ上における動作線は直線状ではなく、後述する図5のように傾斜（厳密には所定の曲線）となる。この動作線上のトルク値に対する効率値は、トルク－効率の特性として表すことができる。このトルク－効率の特性は後述する図10のように曲線であるから、最も効率が高くなるトルクが現れることになる。この最も効率が高くなるときのトルクを最適効率トルク値 T_0 と称する。そして、この最適効率トルク値 T_0 を基準として、全トルク指令値 T を複数個 n のモータ M に対して所定のトルク配分で配分する。

[0031] 上記の配分部107による n 個のモータ M へのトルク配分例について説明する。配分部107は、複数個 n のモータのうち、いずれか一部のモータ M のトルク配分値のみに最適効率トルク値 T_0 の全てを配分、あるいは全部または一部のモータ M に対して、それぞれのトルク配分値が最も最適効率トルク値 T_0 に近づくように全トルク指令値 T を均等配分する。

[0032] ここで、車輪速度およびスリップ率と、回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率地を示す効率変化式は下記の手順によって求められる。

1. 現在の車体速度の検出
2. 現在の駆動輪速度の検出

3. スリップ率の算出
4. モータ駆動電流から現在のトルクを検出
5. 動作線式を算出（後述する式（8）を用いる）
6. 動作線を効率マップ上に引いて、動作線に沿って、トルク値と効率値の組合せを複数ポイント取得
7. 複数ポイントのトルク値と効率値より効率変化式を作成

この時、ポイント数が多いほど、効率変化式の近似式の精度を上げることができる。

[0033] トルク T_d は、 $\mu \cdot N \cdot r$ （ μ ：路面とタイヤの摩擦係数、 N ：垂直抗力、 r ：タイヤ半径）であるため（後述する式（5））、トルク T_d が変化すると摩擦係数 μ が変化する。摩擦係数 μ が変化するするとスリップ率 λ が変化する（図6に記載）。加速や減速が大きい場合は、回転速度 v の変化が小さいので、スリップ率 λ が変化するすると、回転速度 ω が変化する。つまり、駆動輪に与えるトルク値に応じて、その駆動輪の回転速度が変化するようになる。その関係は後述する式（8）および図7で表される。この式（8）を使用するためには、スリップ率と摩擦係数との関係（後述する式（6））を用いる。この関係については、移動体外部のサーバ等から走行路面の式（6）を取得するか、あるいは自車で作成するかいずれかとなる。

[0034] 自車でスリップ率と摩擦係数との関係の式（6）を作成するには、下記の手順となる。

1. 現在の車体速度と駆動輪回転速度を検出し、スリップ率 λ を求める。
2. 現在のモータ駆動電流からトルク値を求め、 $T_d = \mu \cdot N \cdot r$ から μ 値を算出する。
3. 走行しながら複数ポイントの λ と μ 値を求めて、図6の μ - λ 特性を作成し、式（6）を生成する。

なお、トルク値は、予め判っているトルク定数に駆動電流を乗じて求められる。また、この場合、通常はタイヤを空転させずに走行するため、 μ のピーク部を超えない範囲の λ 値と μ 値（図6では λ が 0.2 以下）が検出可能

である。 μ のピーク部を超える範囲（図6では λ が0.2以上）のポイントは検出できないが、本発明において必要とする領域は μ のピーク部を超えない範囲であるため、その領域の $\mu - \lambda$ 特性を作成して式(6)が生成できれば問題ない。

- [0035] 以上説明した実施の形態にかかるトルク配分装置100は、モータ効率マップ104上における最適効率トルク値 T_0 を算出する際に、算出されたスリップ率を考慮している。路面に対する駆動輪のスリップ状態は、移動体の速度、さらに詳細には駆動輪の回転速度等の要因によって変化するが、駆動輪のスリップ状態を考慮することにより、各駆動輪に対するトルク配分を効率化できるようになり、駆動輪を実際に駆動したときに最適なトルク配分をおこない、かつ、モータ効率が高い領域で駆動できるようになるため、駆動系の効率が最大となる最適化ができるようになる。この駆動系とは、モータおよびインバータからなる移動体の駆動に関わる構成を指す。

実施例

- [0036] (実施例1)

以下に、本発明の実施例1について説明する。本実施例1では、4つの駆動輪にそれぞれ組み込まれ、独立して駆動されるインホイール型のモータを搭載した車両等の移動体にトルク配分装置を適用した場合の一例について説明する。この場合、モータMの個数は、M1~M4の4個を用いる。モータMとしては、三相交流モータやDCモータを用いることができる。以下の実施例では4つの駆動輪に同一のモータを用いる。なお、後述のように、駆動輪は、4つに限られず、2つ、3つ、或いは5つ以上にも本発明を適用することが可能である。

- [0037] (移動体の構成)

図3は、移動体の構成を示す概要図である。移動体300は、左右の前駆動輪FL、FRと、左右の後駆動輪RL、RRを有する4輪駆動車である。これら4つの各駆動輪FL、FR、RL、RRには、それぞれインホイール型のモータM1~M4が設けられ、独立に駆動される。

- [0038] これらモータM1～M4には、それぞれモータ駆動用のインバータINVが設けられ、各インバータINVはコントローラ（ECU）301の制御に基づき、モータM1～M4を駆動する。このコントローラ301には各種情報が入力され、トルク配分された結果、各モータM1～M4を駆動する。
- [0039] コントローラ301に対する入力としては、以下がある。ハンドル302からは操舵角が入力される。アクセルペダル303からは、全トルク指令値が入力される。ブレーキペダル304からはブレーキ量が入力される。サイドブレーキ305からはサイドブレーキ量が入力される。ギヤ306からはR、N、D等のシフトポジションが入力される。
- [0040] また、各駆動輪FL、FR、RL、RRには、それぞれ回転速度Vを検出するセンサ307a～307dが設けられ、各駆動輪FL、FR、RL、RRの回転速度Vfl、Vfr、Vrl、Vrrがコントローラ301に入力される。また、各駆動輪FL、FR、RL、RRには、それぞれタイヤが地面から受ける垂直抗力Nを検出するセンサ308a～308dが設けられ、各駆動輪FL、FR、RL、RRの垂直抗力Nfl、Nfr、Nrl、Nrrがコントローラ301に入力される。
- [0041] また、移動体300には、加速度センサ309が設けられ、検出した加速度がコントローラ301に入力される。また、移動体300には、ヨーレートセンサ310が設けられ、検出したヨーレートがコントローラ301に入力される。
- [0042] コントローラ301は、上記の入力に基づき、各駆動輪FL、FR、RL、RRを駆動する。駆動のための制御信号は、各駆動輪FL、FR、RL、RR毎に適切にトルク配分され、インバータINVを介して各モータM1～M4に供給される。
- [0043] バッテリ312は、移動体300全体に対して電源供給する。特に、インバータINVを介して各駆動輪FL、FR、RL、RRのモータM1～M4を駆動するための駆動源となる。このバッテリ312としては、ニッケル水素、リチウムイオン等の二次電池や燃料電池などが適用される。

[0044] 上記のインバータ I N V は、移動体 3 0 0 の回生時に、モータ M 1 ~ M 4 が発電した交流電圧を直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をバッテリー 3 1 2 へ供給することができる。この回生とは、移動体 3 0 0 を運転するドライバーによるブレーキペダル 3 0 4 の操作による発電や、走行中にアクセルペダル 3 0 3 の踏み込みを緩和することによる発電を示す。

[0045] ところで、駆動効率 $\eta = \text{モータ M 出力} / \text{バッテリー 3 1 2 から供給する電力} = (T \times \omega) / (V \times I)$ で表される。

[0046] (トルク配分装置のハードウェア構成)

次に、トルク配分装置 4 0 0 のハードウェア構成について説明する。図 4 は、トルク配分装置のハードウェア構成を示すブロック図である。図 4 において、トルク配分装置 4 0 0 は、CPU 4 0 1、ROM 4 0 2、RAM 4 0 3、通信 I / F 4 1 5、GPS ユニット 4 1 6、各種センサ 4 1 7 を備えている。各構成部 4 0 1 ~ 4 1 7 は、バス 4 2 0 によってそれぞれ接続されている。

[0047] CPU 4 0 1 は、トルク配分装置 4 0 0 の全体の制御を司る。ROM 4 0 2 は、ブートプログラム、トルク配分プログラムなどのプログラムが記録され、また、モータ効率マップなどを保持することができる。RAM 4 0 3 は、CPU 4 0 1 のワークエリアとして使用される。すなわち、CPU 4 0 1 は、RAM 4 0 3 をワークエリアとして使用しながら、ROM 4 0 2 に記録されたプログラムを実行することによって、トルク配分装置 4 0 0 の全体の制御を司る。

[0048] 通信 I / F 4 1 5 は、無線を介してネットワークに接続され、トルク配分装置 4 0 0 および CPU 4 0 1 のインターフェースとして機能する。ネットワークとして機能する通信網には、公衆回線網や携帯電話網、DSRC (Dedicated Short Range Communication)、LAN、WAN などがある。通信 I / F 4 1 5 は、たとえば、公衆回線用接続モジュールや ETC ユニット、FM チューナー、VICS (Vehicle Information and Communication

System) / ビーコンレシーバなどである。

[0049] GPSユニット416は、GPS衛星からの電波を受信し、移動体の現在位置を示す情報を出力する。GPSユニット416の出力情報は、後述する各種センサ417の出力値とともに、CPU401による移動体の現在位置の算出に際して利用される。現在位置を示す情報は、たとえば、緯度・経度、高度などの、地図データ上の1点を特定する情報である。

[0050] ここで、走行路面のスリップ率と摩擦係数(μ - λ)特性を移動体外部のサーバから取得する場合は、通信I/F415とGPSユニット416とを用いる。各種センサ417については、車体速度と垂直抗力の検出に用いる。車体速度は、例えば以下の方法により検出する。

1. 加速度センサの出力を積分
2. 非駆動輪の回転速度から算出
3. GPSやその他の位置センサの時間あたりの移動距離から算出

[0051] また、垂直抗力を検出するためには、各タイヤにそれぞれ設けた荷重センサを用いるか、あるいは以下の方法により検出する。

1. 加速度センサ出力から重心位置のずれを求めて、前輪と後輪の荷重バランスを算出
2. ヨーレートセンサ出力から重心位置のずれを求めて、右輪と左輪の荷重バランスを算出
3. 傾斜センサ(ジャイロ)出力から重心位置のずれを求めて、前輪と後輪および右輪と左輪の荷重バランスを算出

[0052] 図1に示したトルク配分装置100の算出部106、配分部107、制御部108は、上述したトルク配分装置400におけるROM402、RAM403、などに記録されたプログラムやデータを用いて、CPU401が所定のプログラムを実行し、トルク配分装置400における各部を制御することによってその機能を実現する。

[0053] (トルク配分装置によるトルク配分制御)

本実施例のトルク配分装置400は、駆動系効率が最大となる最適化をお

こなう。各駆動輪に与えるトルクを T_1 , T_2 , T_3 , T_4 とし、効率を η_1 , η_2 , η_3 , η_4 とすると、4輪分の全体の効率 η は、下記式(1)で示される。

$$[0054] \quad \eta = (T_1 \cdot \eta_1 + T_2 \cdot \eta_2 + T_3 \cdot \eta_3 + T_4 \cdot \eta_4) / T \quad \dots (1)$$

$$(全駆動トルク $T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$)$$

[0055] 図5は、モータ効率マップの一例を示す図である。横軸は回転速度、縦軸はトルクである。図5に示す、車体がある一定速度のときの直線状の動作線C上で得られる効率を用いて以下のような駆動輪選択を考える。

- (1) 4輪で等トルク駆動
- (2) 2輪で等トルク駆動
- (3) 1輪のみで駆動

[0056] (1) 4輪で等トルク駆動の場合(4輪に $1/4$ (0.25)ずつトルク配分)

$$\eta_1 = 0.25 \cdot 0.77 + 0.25 \cdot 0.77 + 0.25 \cdot 0.77 + 0.25 \cdot 0.77 = 0.77$$

(2) 2輪で等トルク駆動の場合(2輪に $1/2$ (0.5)ずつトルク配分)

$$\eta_2 = 0.5 \cdot 0.83 + 0.5 \cdot 0.83 + 0 + 0 = 0.83$$

(3) 1輪のみで駆動の場合(1輪だけに全て(1)のトルク配分)

$$\eta_3 = 1 \cdot 0.72 + 0 + 0 + 0 = 0.72$$

上記によれば、効率の高い領域でのトルクを多くするようなトルク配分をおこなうことにより、トータルの効率はよくなることがわかる。

[0057] ここでトルクと回転速度との関係について説明する。

各駆動輪の運動方程式と、駆動輪の駆動力は下記式(2), (3), (4)に示される。

[0058]

[数1]

$$J_w \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_d \quad \dots(2)$$

$$F_d = \mu \times N \quad \dots(3)$$

$$T_d = F_d \times r \quad \dots(4)$$

[0059] (T_m : モータへのトルク指令値、 T_d : 駆動輪の駆動トルク、 F_d : 駆動力、 J_w : 駆動輪の慣性モーメント、 μ : 路面とタイヤの摩擦係数、 N : 垂直抗力、 r : タイヤ半径)

ここで、駆動輪の駆動トルクとは、駆動輪に搭載しているモータのトルクを意味している。

急加速や急減速をおこなわない場合は、速度の変化が緩やかであるため、回転速度の変化が少ないので、下記式 (5) のようになる。

$$d\omega / dt \doteq 0 \quad \dots(5)$$

ゆえに、モータへのトルク指令値 T_m と駆動輪の駆動トルク T_d がほぼ等しくなり、

$$\therefore T_m \doteq T_d = F_d \cdot r = \mu \cdot N \cdot r$$

以下、車両の速度の変化が緩やかであり、モータへのトルク指令値 T_m と駆動輪の駆動トルク T_d がほぼ等しい状態であるものとして説明を進める。

[0060] 図6は、スリップ率と摩擦係数の関係を示す図である。横軸はスリップ率 λ 、縦軸は摩擦係数 μ である。スリップ率 λ と摩擦係数 μ は図6に示す関係にあり、下記式 (6) で近似できる。図6に示す特性図において、スリップ率 λ が 0.2 において最も摩擦係数 μ が高い。スリップ率 λ が 1 のときには駆動輪が空転している状態に相当する。そして、スリップ率 λ が 0 ~ 0.2 の範囲内で収まる制御をおこなうことにより、駆動輪が空転せずに走行できる。なお、図6で示した特性は、 μ の最大値や μ が最大となる λ の値がタイヤや路面状態によって変化する。その場合でも、下記式 (6) のパラメータ

B、C、D、Eの値を変更することで近似できる。ただし、一般的に、タイヤやアスファルト路面は、その物理特性が急激に変化することは少ないため、走行中の $\mu - \lambda$ 特性の変化は緩やかなものである。

[0061] [数2]

$$\mu = D \times \sin \left(C \times \tan^{-1} (B \times (1 - E) \times \lambda) + \frac{E}{B} \times \tan^{-1} (B \times \lambda) \right) \quad \dots (6)$$

$$(B = 10, C = 1.5, D = 0.8, E = 0.2)$$

[0062] また、 $\lambda = (r \cdot \omega - v) / (r \cdot \omega) = 1 - v / (r \cdot \omega) \quad \dots (7)$

であるから、 T_d は、下記式(8)となる。

$$[0063] \quad T_d = F_d \cdot r = \mu \cdot N \cdot r \quad \dots (8)$$

[0064] 急加速や急減速をおこなわない場合は、速度の変化が緩やかであるため、車体速度 v がほぼ一定と見なせ、 T_d と ω との関係は上記式(8)により求めることができる。

[0065] 図7は、スリップ率を考慮した回転速度とトルクの関係を示す図である。上記式に基づきトルクと回転速度を計算した状態を示す。ここで、垂直抗力 $N : 400 [kg] \times 9.8 [m/s^2]$ 、タイヤ半径 $r : 0.3 [m]$ 、車体速度 $v = 25, 50, 75, 100 [km/h]$ とした。

[0066] したがって、トルク配分を変更することにより、駆動輪のトルクが変化すると、対応して回転速度が変化することになる。図7に示す各車体速度別の特性線は、直線状ではなく、いずれもトルクが高くなるにつれて傾きが緩やかになり、最大トルクの状態では飽和する変化曲線となる。

[0067] 図8は、図7に示す変化曲線をモータ効率マップに重ねた状態を示す図である。横軸は回転速度 ω 、縦軸はトルク T_d である。この実施例では、モータ効率マップは、モータMだけの特性ではなく、駆動系に含まれるインバータINVの特性(効率)も含んだ特性を示すものとしている。

[0068] 図8に示すように、ある速度(たとえば $75 [km/h]$)の動作線Cにおいて、一つの駆動輪のトルクが点aにあったときに、その駆動輪のトルク

をトルク配分の変更により、大きく変化させたときには、動作線C上で他のb点やc点に移動する。その際、動作線Cが傾いているから回転速度 ω の値も増加していることになる。したがって、回転速度 ω の変化を考慮せずに、トルク配分をおこなうと、正確な動作点がわからないため、効率の値に誤差を生じることになる。したがって、図8に示すように、モータ効率マップ上には、車体速度毎の動作線を引き、トルク－効率の関係を求めておくことにより、トルク配分を変化させた場合でも効率を正確に算出できるようになる。

[0069] 図9－1および図9－2は、車体速度毎に異なるトルクと効率との関係を示す図である。図9－1は、50 [km/h] のときの動作線におけるトルク－効率特性であり、図9－2は、75 [km/h] のときの動作線における、トルク－効率特性である。

[0070] また、図9－1に対応する動作線を6次で近似した効率 η は、

$$\begin{aligned} \eta = & -1.7088E-14Td^6 + 1.8521E-11Td^5 \\ & - 7.9786E-09Td^4 + 1.7336E-06Td^3 - 2.0447E-04Td^2 \\ & + 1.1782E-02Td + 4.4673E-01 \quad \dots (9) \end{aligned}$$

また、図9－2に対応する動作線を6次で近似した効率 η は、

$$\begin{aligned} \eta = & 1.1253E-14Td^6 - 1.0197E-11Td^5 \\ & + 3.2448E-09Td^4 - 3.5952E-07Td^3 - 2.6286E-05Td^2 \\ & + 7.8911E-03Td + 4.9954E-01 \quad \dots (10) \end{aligned}$$

となる。

[0071] 上記の近似式のトルクTdに値を代入すれば、効率 η を得ることができる。上記式(1)によれば、4輪駆動の場合、 $T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = T$ (全トルク指令値) の条件範囲で、 $T_1 \cdot \eta_1 + T_2 \cdot \eta_2 + T_3 \cdot \eta_3 + T_4 \cdot \eta_4$ が最大となるのが最適効率となる。

[0072] 次に、上述したスリップ率の算出方法について説明する。スリップ率 λ は下記式(11)で定義される。

[0073]

[数3]

$$\lambda = \frac{v_w - v}{v_w} = \frac{r \times \omega - v}{r \times \omega} \quad \dots(11)$$

[0074] ここで、(v : 移動体速度、 v_w : 駆動輪速度、 ω : 駆動輪回転速度、 r : タイヤ半径) なお、 v と v_w の大きい方が分母となるため、加速時には分母が上記のように v_w となり、減速時には、分母が v となる。移動体速度、駆動輪速度、および駆動輪回転速度の違いについて補足説明する。タイヤの回転速度にタイヤの半径を乗ずると、タイヤの移動速度になる。モータを駆動して走行しているときは、タイヤの速度は自動車の速度よりも速くなる。一方、モータを制動させて走行している場合は、タイヤの速度は自動車の速度よりも遅くなる。タイヤの速度と自動車の速度の関係を示したものがスリップ率であり、下記式(12)となる。

[0075] スリップ率 = (車輪速度 - 車体速度) / 車体速度と車輪速度の大きい方
 $\lambda = (v_w - v) / \text{Max}(v_w, v) \quad \dots(12)$

なお、駆動も制動もしないモータの車輪は、スリップ率がほぼゼロとなるため、この車輪の速度は車体速度とほぼ等しくなる ($v_w \doteq v$) 。

[0076] 駆動輪の回転速度は、モータMのレゾルバや、エンコーダ、ホール素子等のパルス出力信号を用いて算出できる。移動体の速度は、1. 非駆動輪のスリップ率がほぼゼロであるため、非駆動輪の速度を車体速度として検出する、2. 加速度センサの出力を積分して車体速度を求める、3. 車体位置をセンサで検出し時間あたりの移動距離速度を求める、等が考えられる。

[0077] (トルク配分例について)

図10は、トルクと効率との関係を示す図である。図9-1、図9-2と同様に横軸がトルク、縦軸が効率である。この図10に示すように、動作線上で効率 η が最も高い点を最適効率トルク値 T_o とする。また、動作線上で最適効率トルク値 T_o の2倍のトルクに対応した効率を $2T_o$ と表記する。

[0078] (モータ効率マップ上での動作線の特性について)

ここで、モータ毎に固有のトルク-効率特性に対するトルク配分について

説明する。上述した図 9-1、図 9-2 等のトルク-効率特性は、モータ M 毎に固有の特性線を有している。図 11-1~図 11-3 は、それぞれモータに固有のトルク-効率特性を示す図であり、図 11-1 は逆 U 型、図 11-2 は△型、図 11-3 は人型と略称する。単純化のために、駆動輪が 2 輪である場合のトルク配分で考える。全トルク指令値 T を 2 輪で配分するときの効率 η は、上記式 (1) に基づき、

$$\eta = (T_1 \cdot \eta_1 + T_2 \cdot \eta_2) / T \quad \dots (13)$$

(駆動輪 1 のトルク : T_1 , そのときの効率 : η_1 、駆動輪 2 のトルク : T_2 , そのときの効率 : η_2)

となる。

[0079] たとえば、全トルク指令値 T が 160 [Nm] の場合は、(T_1 , T_2) = (100, 60) や (80, 80) 等、多数の組み合わせがあるが、それぞれのトルク値を上記式 (13) に代入することで、効率を算出することができる。よって、効率が最大となるトルク値の組み合わせを選択できればよいことになる。具体例を下記に説明する。

[0080] 図 12-1~図 12-6 は、それぞれ逆 U 型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である。図 12-1 は、全トルク指令値 T が 100 [Nm] であり、(T_1 , T_2) = (0, 100)、(100, 0) のときに効率 η が最大となる。なお、トータル効率は、上記式 (13) に代入して得た特性である。図 12-2 は、全トルク指令値 T が 120 [Nm] であり、(T_1 , T_2) = (0, 120)、(120, 0) のときに効率 η が最大となる。図 12-3 は、全トルク指令値 T が 140 [Nm] であり、(T_1 , T_2) = (0, 140)、(140, 0) のときに効率 η が最大となる。図 12-4 は、全トルク指令値 T が 160 [Nm] であり、(T_1 , T_2) = (80, 80) のときに効率 η が最大となる。図 12-5 は、全トルク指令値 T が 180 [Nm] であり、(T_1 , T_2) = (90, 90) のときに効率 η が最大となる。図 12-6 は、全トルク指令値 T が 200 [Nm] であり、(T_1 , T_2) = (100, 100) のときに効率 η が最大となる。

[0081] 図13-1~図13-6は、それぞれ△型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である。図13-1は、全トルク指令値 T が100 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (0, 100)$ 、 $(100, 0)$ のときに効率 η が最大となる。図13-2は、全トルク指令値 T が120 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (0, 120)$ 、 $(120, 0)$ のときに効率 η が最大となる。図13-3は、全トルク指令値 T が140 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (40, 100)$ 、 $(100, 40)$ のときに効率 η が最大となる。図13-4は、全トルク指令値 T が160 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (60, 100)$ 、 $(100, 60)$ のときに効率 η が最大となる。図13-5は、全トルク指令値 T が180 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (80, 100)$ 、 $(100, 80)$ のときに効率 η が最大となる。図13-6は、全トルク指令値 T が200 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (100, 100)$ のときに効率 η が最大となる。

[0082] 図14-1~図14-6は、それぞれ人型のトルク-効率特性における各輪の特性を示す図である。図14-1は、全トルク指令値 T が100 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (0, 100)$ 、 $(100, 0)$ のときに効率 η が最大となる。図14-2は、全トルク指令値 T が120 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (20, 100)$ 、 $(100, 20)$ のときに効率 η が最大となる。図14-3は、全トルク指令値 T が140 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (40, 100)$ 、 $(100, 40)$ のときに効率 η が最大となる。図14-4は、全トルク指令値 T が160 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (60, 100)$ 、 $(100, 60)$ のときに効率 η が最大となる。図14-5は、全トルク指令値 T が180 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (80, 100)$ 、 $(100, 80)$ のときに効率 η が最大となる。図14-6は、全トルク指令値 T が200 [Nm] であり、 $(T_1, T_2) = (100, 100)$ のときに効率 η が最大となる。

[0083] 以上のことから、効率 η が最大となる組み合わせは、以下のいずれかとなる。

$$(T_1, T_2) = (0, T), (T, 0), (T_0, T - T_0), (T - T_0, T_0), (T/2, T/2) \dots (14)$$

(T_0 : 最適効率トルク値)

ゆえに、トルク－効率特性の曲線形状が図 11-1～図 11-3 のいずれのタイプであったとしても、上記 (14) の組合せの中に、効率 η が最大となる組合せが存在することに着目した。

[0084] つまり、トルク－効率特性の曲線形状が明確でない場合でも、上記 (14) に示す組み合わせを計算した結果が最大となる組み合わせが、効率 η を最大にするトルク配分の組み合わせとなる。トルク－効率特性が複雑な曲線形状である場合は、上記 (14) の組み合わせ以外が最大効率になることも考えられるが、変極点の多い複雑な特性以外であれば上記 (14) に示した組み合わせ中に最大効率をとるものがある。すなわち、トルク配分の組み合わせは無数に存在するが、上記 (14) に示した組み合わせを計算するだけで、最適なトルク配分値を求めることが可能となる。なお、上記例では 2 輪に対するトルク配分を例に説明したが、4 輪等の複数の駆動輪に対するトルク配分についても同様である。

[0085] これにより、以下に説明する図 15-1～図 15-5 に示す配分の中に η が最大になる組合せがある。また、逆 U 型のトルク－効率特性を示すモータ効率マップが多いため、後述する図 16-1 と図 16-2 で説明するトルク配分の簡略化が可能となる。

[0086] モータ M の個数を n 個 (n は自然数) とすると、配分部 107 は、

(1) 全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_0 未満の場合には、一のモータ M のトルク配分値に全トルク指令値 T を配分する。

[0087] (2) 全トルク指令値 T が、最適効率トルク値 T_0 以上、かつ、最適効率トルク値 T_0 の n 倍未満の場合には、下記 (a)～(c) のいずれかでトルク配分する。この際、(a)～(c) のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有するものを選択する。

(a) 一部のモータ M のそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0

を配分し、さらに全トルク指令値 T を最適効率トルク値 T_0 で割った余りを 1 個、あるいは n 個のモータ M のいずれかに均等に割って配分する。

(b) 一部のモータ M のそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、さらに他のモータ M のそれぞれのトルク配分値に一部のモータ M に配分した残りを均等に割って配分する。

(c) 全てのモータ M のそれぞれに全トルク指令値 T を均等に割って配分する。

[0088] (3) 全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_0 の n 倍以上の場合には、 n 個のモータ M のそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、さらに全トルク指令値 T を最適効率トルク値 T_0 で割った余りを 1 個、あるいは n 個のモータ M のいずれかに均等に割って配分したうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択する。

[0089] 図 15-1 ~ 図 15-5 は、それぞれ駆動輪が 4 つの場合におけるトルク配分を説明するための図である。配分部 107 により、 $n=4$ の各モータ M に配分する配分例を説明する。

[0090] ($T < T_0$ のとき)

図 15-1 に示すように、全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_0 未満の場合には、一のモータのトルク配分値に前記全トルク指令値 T を配分する。

[0091] ($T_0 \leq T < 2T_0$ のとき)

また、図 15-2 に示すように、全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_0 以上、かつ最適効率トルク値 T_0 の 2 倍未満の場合には、(a) ~ (c) のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択する。

(a) いずれか一のモータのトルク配分値に全トルク指令値 T を配分する。

(b) いずれか一のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、別の一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分する。

(c) いずれか 2 個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記全トルク指令値 T の $1/2$ を配分する。

[0092] ($2T_0 \leq T < 3T_0$ のとき)

また、図15-3に示すように、全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_0 の2倍以上、かつ最適効率トルク値 T_0 の3倍未満の場合には、(a)～(e)のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択する。

(a) いずれか一のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、別の一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分する。

(b) いずれか2個のモータのそれぞれのトルク配分値に全トルク指令値 T の $1/2$ を配分する。

(c) いずれか2個のモータのそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、別の一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分する。

(d) いずれか一のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分する。

(e) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に全トルク指令値 T の $1/3$ を配分する。

[0093] ($3T_0 \leq T < 4T_0$ のとき)

また、図15-4に示すように、全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_0 の3倍以上、かつ最適効率トルク値 T_0 の4倍未満の場合には、(a)～(g)のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択する。

(a) いずれか2個のモータのそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、残りのうち一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分する。

(b) いずれか一のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_0 を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分する。

(c) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に、全トルク指令値 T の $1/3$ を配分する。

(d) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_o を配分し、残りのモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分する。

(e) いずれか2個のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_o を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分する。

(f) いずれか一のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_o を配分し、残りの3個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/3$ を配分する。

(g) 4個のモータのそれぞれのトルク配分値に、全トルク指令値 T の $1/4$ を配分する。

[0094] ($4T_o \leq T$ のとき)

また、図15-5に示すように、全トルク指令値 T が最適効率トルク値 T_o の $n(4)$ 倍以上の場合には、(a)~(d)のうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択する。

(a) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に最適効率トルク値 T_o を配分し、残りの一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分する。

(b) いずれか2個のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_o を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分する。

(c) いずれか一のモータのトルク配分値に最適効率トルク値 T_o を配分し、残りの3個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/3$ を配分する。

(d) 4個のモータのそれぞれのトルク配分値に、全トルク指令値 T の $1/4$ を配分する。

[0095] 上記の各配分例を数式で示すと下記のようになる。

($T < T_0$ のとき)

$$T_1 = T, \quad T_2 = T_3 = T_4 = 0$$

[0096] ($T_0 \leq T < 2T_0$ のとき)

以下の (a) ~ (c) の 3 通りで効率を計算し、最適な効率となる組み合わせを選択する。

$$(a) \quad T_1 = T_0 + (T - T_0), \quad T_2 = T_3 = T_4 = 0$$

$$(b) \quad T_1 = T_0, \quad T_2 = T_0 - (2T_0 - T), \quad T_3 = T_4 = 0$$

$$(c) \quad T_1 = T_2 = T_0 - (2T_0 - T) / 2, \quad T_3 = T_4 = 0$$

[0097] ($2T_0 \leq T < 3T_0$ のとき)

以下の (a) ~ (e) の 5 通りで効率を計算し、最適な効率となる組み合わせを選択する。

$$(a) \quad T_1 = T_0 + (T - 2T_0), \quad T_2 = T_0, \quad T_3 = T_4 = 0$$

$$(b) \quad T_1 = T_2 = T_0 + (T - 2T_0) / 2, \quad T_3 = T_4 = 0$$

$$(c) \quad T_1 = T_2 = T_0, \quad T_3 = T_0 - (3T_0 - T), \quad T_4 = 0$$

$$(d) \quad T_1 = T_0, \quad T_2 = T_3 = T_0 - (3T_0 - T) / 2, \quad T_4 = 0$$

$$(e) \quad T_1 = T_2 = T_3 = T_0 - (3T_0 - T) / 3, \quad T_4 = 0$$

[0098] ($3T_0 \leq T < 4T_0$ のとき)

以下の (a) ~ (g) の 7 通りで効率を計算し、最適な効率となる組み合わせを選択する。

$$(a) \quad T_1 = T_0 + (T - 3T_0), \quad T_2 = T_3 = T_0, \quad T_4 = 0$$

$$(b) \quad T_1 = T_2 = T_0 + (T - 3T_0) / 2, \quad T_3 = T_0, \quad T_4 = 0$$

$$(c) \quad T_1 = T_2 = T_3 = T_0 + (T - 3T_0) / 3, \quad T_4 = 0$$

$$(d) \quad T_1 = T_2 = T_3 = T_0, \quad T_4 = T_0 - (4T_0 - T)$$

$$(e) \quad T_1 = T_2 = T_0, \quad T_3 = T_4 = T_0 - (4T_0 - T) / 2$$

$$(f) \quad T_1 = T_0, \quad T_2 = T_3 = T_4 = T_0 - (4T_0 - T) / 3$$

$$(g) \quad T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_0 - (4T_0 - T) / 4$$

[0099] ($4T_0 \leq T$ のとき)

以下の (a) ~ (d) の 4 通りで効率を計算し、最適な効率となる組み合

わせを選択する。

$$(a) \quad T_1 = T_0 + (T - 4T_0), \quad T_2 = T_3 = T_4 = T_0$$

$$(b) \quad T_1 = T_2 = T_0 + (T - 4T_0) / 2, \quad T_3 = T_4 = T_0$$

$$(c) \quad T_1 = T_2 = T_3 = T_0 + (T - 4T_0) / 3, \quad T_4 = T_0$$

$$(d) \quad T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_0 + (T - 4T_0) / 4$$

[0100] 次に、 n 個のモータ M を用いた駆動時におけるトルク配分の一般式を示す

。

($T < k \cdot T_0$ のとき ($k = 1$))

$$T_1 = T, \quad T_2 = T_3 = \dots = T_n = 0$$

[0101] ($(k - 1) \cdot T_0 \leq T < k \cdot T_0$ のとき、以下の ($2k - 1$) 通りで効率を計算し、最適な効率となる組み合わせを選択する ($k = 2 \sim n$))

$$T_1 = T_0 + (T - (k - 1) \cdot T_0) / 1, \quad T_2 = T_3 = \dots = T_{k-1} = T_0$$

, $T_k = T_{k+1} = \dots = T_n = 0$

$$T_1 = T_2 = T_0 + (T - (k - 1) \cdot T_0) / 2, \quad T_3 = T_4 = \dots = T_{k-1} = T_0,$$

$T_k = T_{k+1} = \dots = T_n = 0$

...

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{k-2} = T_0 + (T - (k - 1) \cdot T_0) / (k - 2), \quad T_{k-1} = T_0,$$

$T_k = T_{k+1} = \dots = T_n = 0$

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{k-1} = T_0 + (T - (k - 1) \cdot T_0) / (k - 1), \quad T_k = T_{k+1} = \dots = T_n = 0$$

以上で $k - 1$ 通り。

[0102] $T_1 = T_2 = \dots = T_{k-1} = T_0, \quad T_k = T_0 - (k \cdot T_0 - T) / 1, \quad T_{k+1} = \dots = T_n = 0$

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{k-2} = T_0, \quad T_{k-1} = T_k = T_0 - (k \cdot T_0 - T) / 2,$$

$T_{k+1} = \dots = T_n = 0$

...

$$T_1 = T_0, \quad T_2 = \dots = T_{k-1} = T_k = T_0 - (k \cdot T_0 - T) / (k - 1)$$

, $T_{k+1} = \dots = T_n = 0$

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{k-1} = T_k = T_0 - (k \cdot T_0 - T) / k, \quad T_{k+1} = \dots = T_n = 0$$

以上で k 通り。

上記の $k-1$ 通りと合わせて $2k-1$ 通りとなる。

[0103] ($n \cdot T_0 \leq T$ のとき、以下の n 通りで効率を計算し、最適な効率となる組み合わせを選択する)

$$T_1 = T_0 + (T - n \cdot T_0) / 1, \quad T_2 = T_3 = \dots = T_{n-1} = T_n = T_0$$

$$T_1 = T_2 = T_0 + (T - n \cdot T_0) / 2, \quad T_3 = T_4 = \dots = T_{n-1} = T_n = T_0$$

...

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{n-1} = T_0 + (T - n \cdot T_0) / (n-1), \quad T_n = T_0$$

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{n-1} = T_n = T_0 + (T - n \cdot T_0) / n$$

以上で n 通り。

[0104] 上記によれば、4輪駆動に限らず、6輪駆動や8輪駆動などの移動体におけるトルク配分に適用することができる。

[0105] (4輪駆動におけるトルク配分の簡易化)

一般的に、図11-1のような逆U型のトルク-効率特性を示すモータ効率マップが多いため、トルク配分の簡略化が可能となる。ある速度におけるトルクに対する効率の関係は、最適効率を得るトルク値 T_0 より離れるほど、効率の劣化が大きい。よって、各駆動輪のトルクが最適効率トルク値 T_0 に近くなるように等配分する。トルク-効率の特性図における効率曲線が最適効率トルク値 T_0 を中心として、非対称の場合があるため、最適効率トルク値 T_0 よりトルクが小さい側の効率変化と、最適効率トルク値 T_0 よりトルクが大きい側の効率変化に違いがある。よって、最適効率トルク値 T_0 より低トルク側と、最適効率トルク値 T_0 より高トルク側の効率変化率の比を用いて、指令された全トルク指令値 T と最適効率トルク値 T_0 との関係により、簡易的トルク配分をおこなうことができる。

[0106] 図16-1は、トルク-効率の特性における変化率の違いを説明する図で

ある。図に示す最適効率トルク値 T_0 を中心として高トルク側の変化率に対して、低トルク側の変化率は2倍である。このような場合、駆動輪が4輪である場合における簡易的トルク配分は下記(1)～(4)のようにおこなう。なお、図16-1において、150 [Nm] と75 [Nm] は同じ効率、128.6 [Nm] と85.7 [Nm] は同じ効率、120 [Nm] と90 [Nm] は同じ効率である。

[0107] (1) $T < T_0 + 2T_0/4$ のとき (図16-1に示す例では $T < 150$ [Nm] のとき)

$$T_1 = T, \quad T_2 = T_3 = T_4 = 0$$

(2) $2(T_0 - T_0/4) \leq T < 2(T_0 + 2T_0/7)$ のとき (図16-1に示す例では 75 [Nm] $\cdot 2 \leq T < 128.6$ [Nm] $\cdot 2$ のとき)

$$T_1 = T_2 = T/2, \quad T_3 = T_4 = 0$$

(3) $3(T_0 - T_0/7) \leq T < 3(T_0 + 2T_0/10)$ のとき (図16-1に示す例では 85.7 [Nm] $\cdot 3 \leq T < 120$ [Nm] $\cdot 3$ のとき)

$$T_1 = T_2 = T_3 = T/3, \quad T_4 = 0$$

(4) $4(T_0 - T_0/10) \leq T$ のとき (図16-1に示す例では 90 [Nm] $\cdot 4 \leq T$ のとき)

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T/4$$

なお、図16-1のトルク-効率特性は、逆U型のトルク-効率特性のトルク配分を説明した図11-1と同じ特性を用いている。上記の場合分けの式の T に100～200 [Nm] の値を代入してみると、 $T < 150$ [Nm] のときは、 $(T_1, T_2) = (T, 0)$ が最適効率配分であり、 150 [Nm] $\leq T < 257.2$ [Nm] のときは、 $(T_1, T_2) = (T/2, T/2)$ が最適効率配分となるため、逆U型のトルク-効率特性のトルク配分を説明した図12-1～図12-6の結果と一致することが確認できる。

ゆえに、トルク-効率特性が逆U型であることがわかっているならば、このような簡易的なトルク配分によって最適トルク配分が可能となる。

[0108] (n輪駆動の場合の一般系でみたトルク配分の簡易化)

図16-2は、トルク-効率の特性における最適効率トルク値からの離れ量を説明する図である。ここで、k：駆動輪数、X：低トルク側の最適効率トルク値 T_0 からの離れ量、Y：高トルク側の最適効率トルク値 T_0 からの離れ量、a：(高トルク側の変化率) / (低トルク側の変化率)とすると、トルク配分の場合分けは、下記の(1)～(3)となる。

(1) $T < k \cdot (T_0 + (a \cdot T_0) / (a \cdot k + k + 1))$ のとき、(k = 1)

$$T_1 = T, T_2 = \dots = T_n = 0$$

(2) $k \cdot (T_0 - (T_0) / (a \cdot (k - 1) + (k - 1) + 1)) \leq T < k \cdot (T_0 + (a \cdot T_0) / (a \cdot k + k + 1))$ のとき、(k = 2 ~ n - 1)

$$T_1 = T_2 = \dots = T_k = T / k, T_{k+1} = \dots = T_n = 0$$

(3) $n \cdot (T_0 - (T_0) / (a \cdot (n - 1) + (n - 1) + 1)) \leq T$ のとき、(k = n)

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{n-1} = T_n = T / n$$

となる。

[0109] なお、k輪で駆動した場合と、k+1輪で駆動した場合で同じ効率となるトルク値が上記(1)～(3)の場合分けの境界値となる。これを式で表すと、

$$(k + 1) \cdot (T_0 - X) = k \cdot (T_0 + Y) \quad \dots (15)$$

$$Y = a \cdot X \quad \dots (16)$$

となる。上記式(15)、(16)を解いてX、Yを求めると以下となる。

$$X = T_0 / (a \cdot k + k + 1) \quad \dots (17)$$

$$Y = (a \cdot T_0) / (a \cdot k + k + 1) \quad \dots (18)$$

これらの式(17)、(18)を用いてn輪駆動時における場合分けが可能となる。

[0110] (動的トルク配分について)

次に、移動体（駆動輪）の速度によって最適効率トルク値 T_0 が異なるため、速度の変化に応じて動的なトルク配分をおこなう例について説明する。図17は、走行パターンに応じた動的トルク配分を説明する図である。横軸が回転速度、縦軸がトルクのモータ効率マップ上に移動体の走行パターンを記載してある。

[0111] 図17の走行パターンのときには、加速してA点に至るまでの間は、 $T_1 = T$, $T_2 = T_3 = T_4 = 0$ のトルク配分とする。また、A点～B点の間では、 $T_1 = T_2 = T/2$, $T_3 = T_4 = 0$ とする。B点～C点の間では、 $T_1 = T_2 = T_3 = T/3$, $T_4 = 0$ とする。C点～D点の間では、 $T_1 = T_2 = T/2$, $T_3 = T_4 = 0$ とする。D点以降では、 $T_1 = T$, $T_2 = T_3 = T_4 = 0$ とする。このように、時々刻々と変化する速度や負荷トルクに対して、常に最適トルク配分をおこなうため、広帯域な制御による動的なトルク配分をおこなうことができる。

[0112] 図18は、回転速度—全トルク指令値に基づく最適駆動輪数の設定データを示す図表である。移動体（駆動輪）の速度と全トルク指令値 T に応じて、総合的な効率が最もよくなる駆動輪数を求めるための表、あるいは算出式を作成しておくことにより、走行中にリアルタイムに最適トルク配分をおこなうことができる。

[0113] たとえば、図18に示す走行パターンの場合の動的トルク配分について説明する。A点に至るまでの間は、 $T_1 = T$, $T_2 = T_3 = T_4 = 0$ のトルク配分であり、1輪駆動となる。また、A点～B点の間では、 $T_1 = T_2 = T/2$, $T_3 = T_4 = 0$ であり、2輪駆動となる。B点～C点の間では、 $T_1 = T_2 = T_3 = T/3$, $T_4 = 0$ であり、3輪駆動となる。C点～D点の間では、 $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T/4$ であり、4輪駆動となる。D点～E点の間では、 $T_1 = T_2 = T_3 = T/3$, $T_4 = 0$ であり、3輪駆動となる。E点以降では、 $T_1 = T_2 = T/2$, $T_3 = T_4 = 0$ であり、2輪駆動となる。

[0114] 上記説明したトルク配分のアルゴリズムの結果、すなわち、モータ効率マ

ップをメモリに保持せず、入力が速度およびトルクのと看における出力である駆動輪数および各駆動輪のトルク値を、図 18 に示す表、あるいは算出式としてメモリに保持しておけばよい。

[0115] 以上説明した実施例 1 によれば、モータ効率マップ上でスリップ率を考慮した傾きのある動作線を引くことにより、回転速度とトルクの動作点を正確に検出することができる。これにより、トルク配分による効率計算を精度よくおこなうことができるようになる。また、各駆動輪に対して最適なトルク配分をおこなえるようになる。なお、左側駆動輪の合計トルクと右側駆動輪の合計トルクが異なるトルク値で走行している際、ハンドル 302 の角度とヨーレートセンサ 310 による車体の角度を検出し、その差異が大きいと判断した場合は、左右のトルク差を少なくするようにトルク配分量を調節して走行安定性を確保すればよい。

[0116] (実施例 2)

(総合効率の向上のための構成)

実施例 2 では、総合効率の向上のための構成について説明する。図 19 は、総合効率を説明するための図である。移動体は、バッテリー 312 から供給された電源によりモータ M を駆動して走行する。このモータ M は、コイルの抵抗分による銅損や、渦電流や磁気ヒステリシスによる鉄損等によるロスが発生する。電源からモータ M 出力までの効率は、駆動系の効率である。このモータ M の駆動力により走行する移動体 1900 は、実際には、モータ M の出力を受けてタイヤの回転駆動により走行する走行系 1901 を有する。この走行系 1901 においても、タイヤと路面間のスリップによるロスが発生する。モータ M の出力から走行パワーとして出力されるまでの効率が走行系の効率である。移動体の総合効率は、これら駆動系の効率 × 走行系の効率で示される。

[0117] 駆動効率 $\eta_d = \text{モータ M 出力} / \text{バッテリー 312 から供給する電力} = (T \times \omega) / (V \times I)$ で表される。

[0118] 上述した実施例 1 で説明したトルク配分は、駆動効率に関与するものであ

る。実施例 2 では、走行系の効率を向上させることにより、全体の総合効率を最大にする構成について説明する。

[0119] 駆動輪あたりの駆動力 F_d は次式で示される。

$$F_d = \mu \cdot N \quad \dots (19)$$

(μ : 摩擦係数、 N : 垂直抗力)

$$\text{よって、} T_d = F_d \cdot r = \mu \cdot N \cdot r \quad \dots (20)$$

(r : タイヤ半径)

[0120] 走行系の効率 η_λ は、

$$\eta_\lambda = \text{走行パワー} / \text{モータ出力} = (F_d \cdot v) / (T_d \cdot \omega) = (F_d \cdot v) / (F_d \cdot r \cdot \omega) = v / (r \cdot \omega) = v / v_w \quad \dots (21)$$

(v : 車体速度 [m/s]、 v_w : 車輪速度 [m/s])

また、スリップ率 λ は、上記式 (11) で示される。したがって、走行系の効率 η_λ は、スリップ率 λ を用いて表すことができる。

$$\therefore \eta_\lambda = 1 - \lambda \quad \dots (22)$$

[0121] 上述した図 6 のスリップ率と摩擦係数の特性より、スリップ率 λ を摩擦係数 μ の関数とみなし、 $\lambda = f(\mu)$ と表すと、走行系の効率 η_λ は、以下のように表せる。

$$\eta_\lambda = 1 - \lambda = 1 - f(\mu) = 1 - f(T_d / (N \cdot r)) \quad \dots (23)$$

$$\therefore \mu = T_d / (N \cdot r) \quad \dots (24)$$

[0122] 式 (20) より、 N が一定のときは、 T_d が大きくなると μ が大きくなる。図 6 の関係より、 λ が 0.2 以下の領域では、 μ が大きくなると λ が大きくなる。ゆえに、 $1 - \lambda$ が小さくなる。

[0123] 図 20 は、垂直抗力を一定としたときのトルク-走行効率の関係を示す図である。この場合、図示のように、トルク T_d が大きくなると、走行効率 η_λ は低下し、その低下度合いは、トルク T_d が大きくなるほど大きく現れる。すなわち、駆動輪のトルク T_d を大きくすると、走行効率 η_λ が低下し、駆動輪のトルク T_d を小さくすると、走行効率 η_λ が増加する。このように、実施例 1 で説明したトルク配分をおこなう際に、総合効率を向上させるた

めには、駆動効率だけでなく走行効率も考慮する必要がある。走行効率 $\eta\lambda$ は、上述したように、あらかじめ作成したスリップ率 λ －摩擦係数 μ の特性マップをメモリ等に保持して用いる構成とするに限らない。他の構成としては、たとえば、移動体を走行させながら、その際の車体速度をセンサ（あるいは推定算出）で検出し、また、駆動輪の速度をセンサで検出してスリップ率 λ を近似計算し、走行効率 $\eta\lambda$ のパラメータとして用いることも考えられる。

[0124] （荷重変化による走行効率の変化について）

トルクを示す上記式（20）を変形すると、下記式となる。

$$\mu = T_d / (N \cdot r) \quad \dots (25)$$

[0125] 図21は、駆動輪別の垂直抗力が異なる状態を説明する図である。上記式（25）により、ある駆動輪に一定のトルク指令値が与えられている場合、そのタイヤへの路面からの垂直抗力 N の変化に応じて摩擦係数 μ が変化する。図21に示すように、移動体が登坂、傾斜、加速、カーブを走行する場合等には、移動体の荷重バランスが変わり、ある駆動輪の垂直抗力 N が減少すると、摩擦係数 μ が大きくなり、スリップ率 λ も大きくなる。結果として、上記式（22）に示す $1-\lambda$ が小さくなり、走行系の効率 $\eta\lambda$ が低下することになる。

[0126] 図22は、垂直抗力別のトルク－走行効率を示す図表である。上記式（23）により、垂直抗力 N が大きいほど走行系の効率 $\eta\lambda$ は大きく、トルク T_d の増加に伴う走行系の効率 $\eta\lambda$ の低下度合いも緩くなる。よって、各駆動輪の垂直抗力 N が変化した場合、垂直抗力 N の大きい駆動輪は、走行系の効率 $\eta\lambda$ が増加し、垂直抗力 N の小さい駆動輪は走行系の効率 $\eta\lambda$ が低下する。これにより、荷重の大きい駆動輪のトルクを増やし、荷重の小さい駆動輪のトルクを少なくすることにより、走行効率を向上させることができるようになる。

[0127] （総合効率について）

図23は、移動体全体の総合効率を説明するための図である。移動体30

0の各駆動輪FL, FR, RL, RRに全トルク指令値TをT1, T2, T3, T4で分配する。そして、移動体300の総合効率は、各駆動輪FL, FR, RL, RRのトルク分配比×駆動効率 η_d ×走行効率 η_λ の総和により得ることができる。

[0128] 図23の駆動輪FLを例に説明すると、モータ効率マップ2301を用いて、駆動輪FLに配分されたトルクT1と、回転速度 ω_1 に基づき、駆動効率 η_{d1} を得る。また、トルク-走行効率特性2302に基づいて、駆動輪FLに配分されたトルクT1から走行効率 $\eta_{\lambda 1}$ を得る。同様に、他の駆動輪FR, RL, RRについても、それぞれ駆動効率 η_{d2} , η_{d3} , η_{d4} と、走行効率 $\eta_{\lambda 2}$, $\eta_{\lambda 3}$, $\eta_{\lambda 4}$ を得る。

[0129] 総合効率 η_{total} は、下記式により得られる。

$$\eta_{total} = (T_1/T) \cdot \eta_{d1} \cdot \eta_{\lambda 1} + (T_2/T) \cdot \eta_{d2} \cdot \eta_{\lambda 2} + (T_3/T) \cdot \eta_{d3} \cdot \eta_{\lambda 3} + (T_4/T) \cdot \eta_{d4} \cdot \eta_{\lambda 4} \dots (26)$$

[0130] そして、各駆動輪FL, FR, RL, RRの垂直抗力を検出、あるいは推定し、この垂直抗力に応じて上記式(26)の値が最大になるようにトルク配分をおこなうことにより、走行効率を向上させることができる。

[0131] 図24は、実施例2にかかるトルク配分装置の機能的構成を示すブロック図である。図1と同様の構成部には同一の符号を付してある。そして、配分部107には、各駆動輪FL, FR, RL, RRの垂直抗力 N_{fl} , N_{fr} , N_{rl} , N_{rr} がセンサ308a~308d(図3参照)から入力され、配分部107は、各駆動輪の垂直抗力に基づき、垂直抗力N(荷重)が大きい駆動輪に対するトルク配分比を大きくし、垂直抗力N(荷重)が小さい駆動輪に対するトルク配分比を小さくする。

[0132] (総合効率の計算例)

図25-1、図25-2は、それぞれ総合効率の計算例を示す図である。いずれも移動体300の車体重量は、1600[kg]、全トルク指令値Tが800[Nm]であり、登坂あるいは加速によって荷重バランスが後方に移動し、前輪荷重が各300[kg]、後輪荷重が各500[kg]である

とする。

- [0133] 図25-1に示す例では、各駆動輪のトルク配分を200 [Nm] で4輪駆動した場合である。モータ効率マップ2501を用いて、前輪FL, FRに配分されたトルク $T_d = 200$ [Nm] と、回転速度 $\omega = 80$ [rad/s] に基づき、駆動効率 $\eta_d = 0.82$ を得る。また、トルク-走行効率特性2502に基づいて、駆動輪FLに配分されたトルク $T_d = 200$ [Nm] から走行効率 $\eta_\lambda = 0.976$ を得る。同様に、後輪RL, RRについては、駆動効率 $\eta_d = 0.82$ と、走行効率 $\eta_\lambda = 0.986$ を得る。この結果、総合効率 η_{total} は、上記式(26)に基づき、

$$\eta_{total} = ((200/800) \cdot 0.82 \cdot 0.976) \cdot 2 + ((200/800) \cdot 0.82 \cdot 0.986) \cdot 2 = 0.80442$$

となる。

- [0134] 図25-2に示す例では、後輪のトルク配分を400 [Nm] で2輪駆動した場合である。モータ効率マップ2501を用いて、前輪FL, FRに配分されたトルク $T_d = 0$ [Nm] と、回転速度 $\omega = 80$ [rad/s] に基づき、駆動効率 $\eta_d = 0.69$ を得る。また、トルク-走行効率特性2502に基づいて、駆動輪FLに配分されたトルク $T_d = 400$ [Nm] から走行効率 $\eta_\lambda = 1$ を得る。同様に、後輪RL, RRについては、駆動効率 $\eta_d = 0.93$ と、走行効率 $\eta_\lambda = 0.971$ を得る。この結果、総合効率 η_{total} は、上記式(26)に基づき、

$$\eta_{total} = ((0/800) \cdot 0.69 \cdot 1) \cdot 2 + ((400/800) \cdot 0.93 \cdot 0.971) \cdot 2 = 0.90303$$

となる。

- [0135] 上記計算例に限らず、駆動輪に対する垂直抗力が各々異なる場合であっても、各駆動輪毎に駆動効率と走行効率を算出することができるため、これら駆動効率と走行効率に基づいて総合効率を算出することができる。なお、実施例1のトルク配分アルゴリズムが最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択するのに対して、実施例2のトルク配分アルゴリズムは、最適な総合効

率を有する組み合わせを選択している。

[0136] 以上説明した実施例 2 によれば、上述した実施例 1 同様に、モータ効率マップ上でスリップ率を考慮した傾きのある動作線を引くことにより、回転速度とトルクの動作点を正確に検出することができる。これにより、トルク配分による効率計算を精度よくおこなうことができるようになる。また、各駆動輪に対して最適なトルク配分をおこなえるようになる。加えて、実施例 2 では、各駆動輪に対する垂直抗力（荷重）を考慮しているから、走行系の効率を正確に検出でき、総合効率を向上できるようになる。また、各駆動輪に対して総合効率を向上させる最適なトルク配分をおこなえるようになる。なお、上述した実施例 1 同様に、左側駆動輪の合計トルクと右側駆動輪の合計トルクが異なるトルク値で走行している際、ハンドル 302 の角度とヨーレートセンサ 310 による車体の角度を検出し、その差異が大きいと判断した場合は、左右のトルク差を少なくするようにトルク配分量を調節して走行安定性を確保すればよい。

[0137] なお、本実施の形態で説明したトルクの配分にかかる方法は、あらかじめ用意されたプログラムをパーソナル・コンピュータやワークステーションなどのコンピュータで実行することにより実現することができる。このプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク、CD-ROM、MO、DVD などのコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行される。またこのプログラムは、インターネットなどのネットワークを介して配布することが可能な伝送媒体であってもよい。

符号の説明

[0138] 100, 400 トルク配分装置
101 全トルク指令値取得部
102 a 車体速度検出部
102 b 駆動輪速度検出部
103 スリップ率算出部

- 104 モータ効率マップ
- 105 効率マップ取得部
- 106 算出部
- 107 配分部
- 108 制御部
- 300 移動体
- 301 コントローラ
- 307a~307d (回転速度) センサ
- 308a~308d (垂直抗力) センサ
- 309 加速度センサ
- 310 ヨーレートセンサ
- 312 バッテリ
- FL, FR, RL, RR 駆動輪
- M (M1~M4) モータ
- INV インバータ

請求の範囲

[請求項1]

駆動輪に接続された複数個のモータの各々に対して、入力された全トルク指令値を配分するトルク配分装置であって、

前記入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得手段と、

前記モータに対応するモータ効率マップを取得する効率マップ取得手段と、

前記モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出手段と、

前記駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆動輪回転速度検出手段と、

前記車体速度及び前記駆動輪回転速度に基づいて、前記駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出手段と、

前記スリップ率に基づいて、前記駆動輪回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、前記動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出手段と、

前記全トルク指令値、および、前記最適効率トルク値に基づいて、各々の前記モータに対するトルク配分値を算出する配分手段と、

算出した前記トルク配分値に基づいて、各々の前記モータへトルク配分制御する制御手段と、

を備えることを特徴とするトルク配分装置。

[請求項2]

前記モータの個数を n 個 (n は自然数) とすると、

前記配分手段は、

(1) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値未満の場合には、一のモータのトルク配分値に前記全トルク指令値を配分し、

(2) 前記全トルク指令値が、前記最適効率トルク値の1倍以上、かつ、前記最適効率トルク値の n 倍未満の場合には、

(a) 一部の前記モータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率ト

ルク値を配分し、さらに前記全トルク指令値を前記最適効率トルク値で割った余りを前記 1 乃至 n 個のモータのいずれかに均等に割って配分、

(b) 一部の前記モータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、さらに他の前記モータのそれぞれのトルク配分値に前記一部のモータに配分した残りを均等に割って配分、

(c) 全ての前記モータのそれぞれに前記全トルク指令値を均等に割って配分、

のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択し、

(3) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値の n 倍以上の場合には、

前記 n 個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、さらに前記全トルク指令値を前記最適効率トルク値で割った余りを前記 1 乃至 n 個のモータのいずれかに均等に割って配分したうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択すること

を特徴とする請求項 1 に記載のトルク配分装置。

[請求項3]

前記モータの個数 n を 4 とすると、

前記配分手段は、

(イ) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値未満の場合には、一のモータのトルク配分値に前記全トルク指令値を配分し、

(ロ) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値以上、かつ前記最適効率トルク値の 2 倍未満の場合には、

(a) いずれか一のモータのトルク配分値に前記全トルク指令値を配分、

(b) いずれか一のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、別の一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分、

(c) いずれか 2 個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記全トルク指令値の $1/2$ を配分、

のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択し、

(ハ) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値の2倍以上、かつ前記最適効率トルク値の3倍未満の場合には、

(a) いずれか一のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、別の一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分、

(b) いずれか2個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記全トルク指令値の $1/2$ を配分、

(c) いずれか2個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、別の一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分、

(d) いずれか一のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分、

(e) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記全トルク指令値の $1/3$ を配分、

のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択し、

(ニ) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値の3倍以上、かつ前記最適効率トルク値の4倍未満の場合には、

(a) いずれか2個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りのうち一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分、

(b) いずれか一のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分、

(c) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に、前記全トルク指令値の $1/3$ を配分、

(d) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りのモータのトルク配分値に残りのトルク値

を配分、

(e) いずれか2個のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分、

(f) いずれか一のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの3個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/3$ を配分、

(g) 4個のモータのそれぞれのトルク配分値に、前記全トルク指令値の $1/4$ を配分、のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択し、

(h) 前記全トルク指令値が前記最適効率トルク値の4倍以上の場合には、

(a) いずれか3個のモータのそれぞれのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの一のモータのトルク配分値に残りのトルク値を配分、

(b) いずれか2個のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの2個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/2$ を配分、

(c) いずれか一のモータのトルク配分値に前記最適効率トルク値を配分し、残りの3個のモータのそれぞれのトルク配分値に残りのトルク値の $1/3$ を配分、

(d) 4個のモータのそれぞれのトルク配分値に、前記全トルク指令値の $1/4$ を配分、のいずれかのうち、最適な駆動系効率を有する組み合わせを選択すること

を特徴とする請求項2に記載のトルク配分装置。

[請求項4]

前記配分手段は、

複数個のモータのうち、いずれか一部のモータのトルク配分値のみに前記最適効率トルク値を配分、あるいは全部または一部のモータに

対して、それぞれのトルク配分値が最も前記最適効率トルク値に近づくように前記全トルク指令値を均等配分することを特徴とする請求項 1 に記載のトルク配分装置。

[請求項5] 前記モータは、前記駆動輪に接続されたインホイールモータであり、
前記制御手段は各々の前記インホイールモータへトルク配分制御すること
を特徴とする請求項 1 に記載のトルク配分装置。

[請求項6] 前記モータ効率マップは前記モータに接続されるインバータも含んだ効率マップであることを特徴とする請求項 1 に記載のトルク配分装置。

[請求項7] 駆動輪に接続された複数個のモータの各々に対して、入力された全トルク指令値をトルク配分装置により配分するトルク配分方法であって、
前記入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得工程と、
前記モータに対応するモータ効率マップを取得する効率マップ取得工程と、
前記モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出工程と、
前記駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆動輪回転速度検出工程と、
前記車体速度及び前記駆動輪回転速度に基づいて、前記駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出工程と、
前記スリップ率に基づいて、前記駆動輪回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、前記動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出工程と、
前記全トルク指令値、および、前記最適効率トルク値に基づいて、

各々の前記モータに対するトルク配分値を算出する配分工程と、
算出した前記トルク配分値に基づいて、各々の前記モータへトルク配分制御する制御工程と、
を含むことを特徴とするトルク配分方法。

[請求項8]

駆動輪に接続された複数個のモータの各々に対して、入力された全トルク指令値を配分するためのトルク配分値をトルク配分値生成装置により生成するトルク配分値生成方法であって、

前記入力された全トルク指令値を取得する全トルク指令値取得工程と、

前記モータに対応するモータ効率マップを取得する効率マップ取得工程と、

前記モータを搭載する車両の車体速度を検出する車体速度検出工程と、

前記駆動輪における駆動輪回転速度を検出する駆動輪回転速度検出工程と、

前記車体速度及び前記駆動輪回転速度に基づいて、前記駆動輪におけるスリップ率を算出するスリップ率算出工程と、

前記スリップ率に基づいて、前記駆動輪回転速度とトルクの関係を示す動作線上の効率値を示す効率変化式を作成し、前記動作線上の効率変化式の最適効率トルク値を算出する算出工程と、

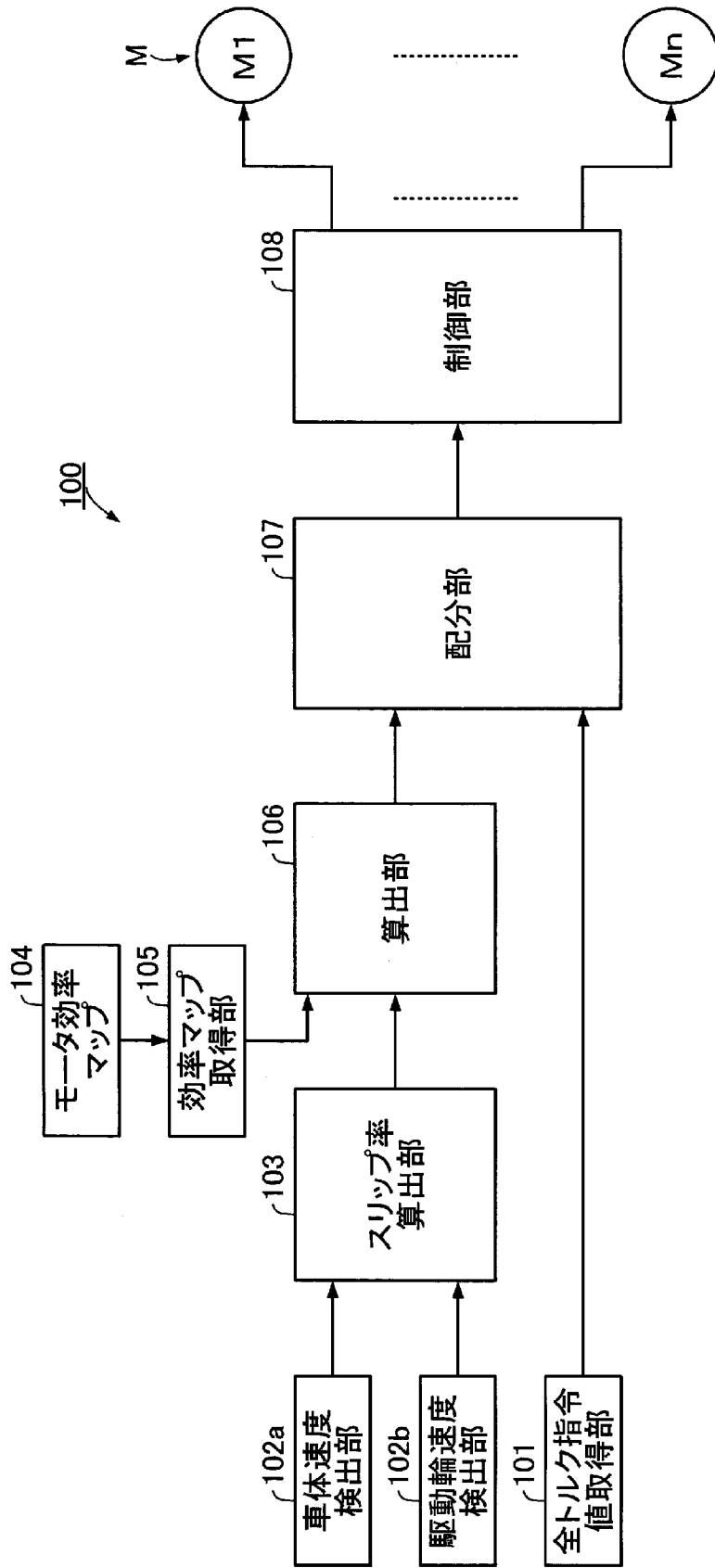
前記全トルク指令値、および前記最適効率トルク値に基づいて、前記全トルク指令値および車輪速度に対応する各トルク配分値を求める配分値生成工程と、

を含むことを特徴とするトルク配分値生成方法。

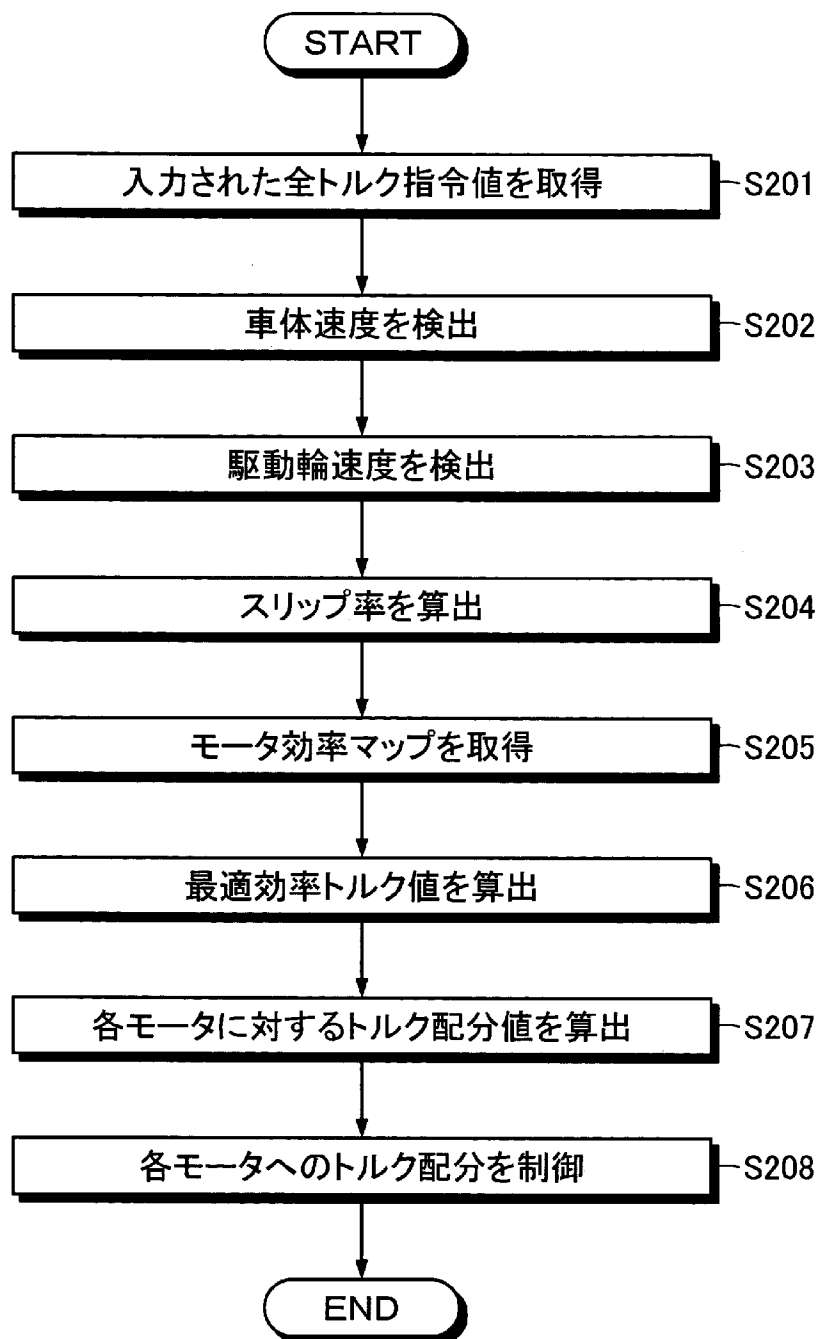
[請求項9]

請求項7または8に記載の方法をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

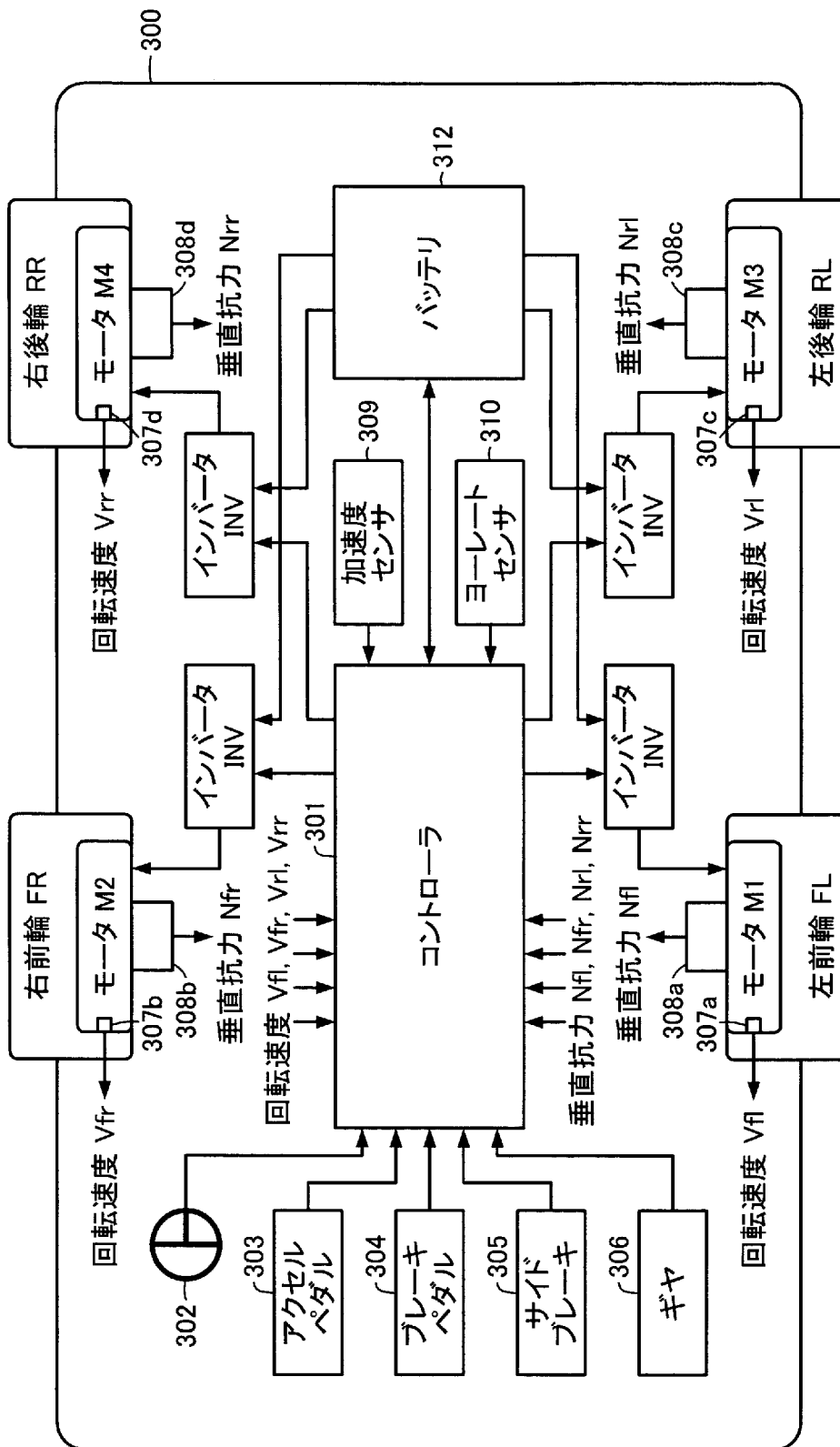
[図1]



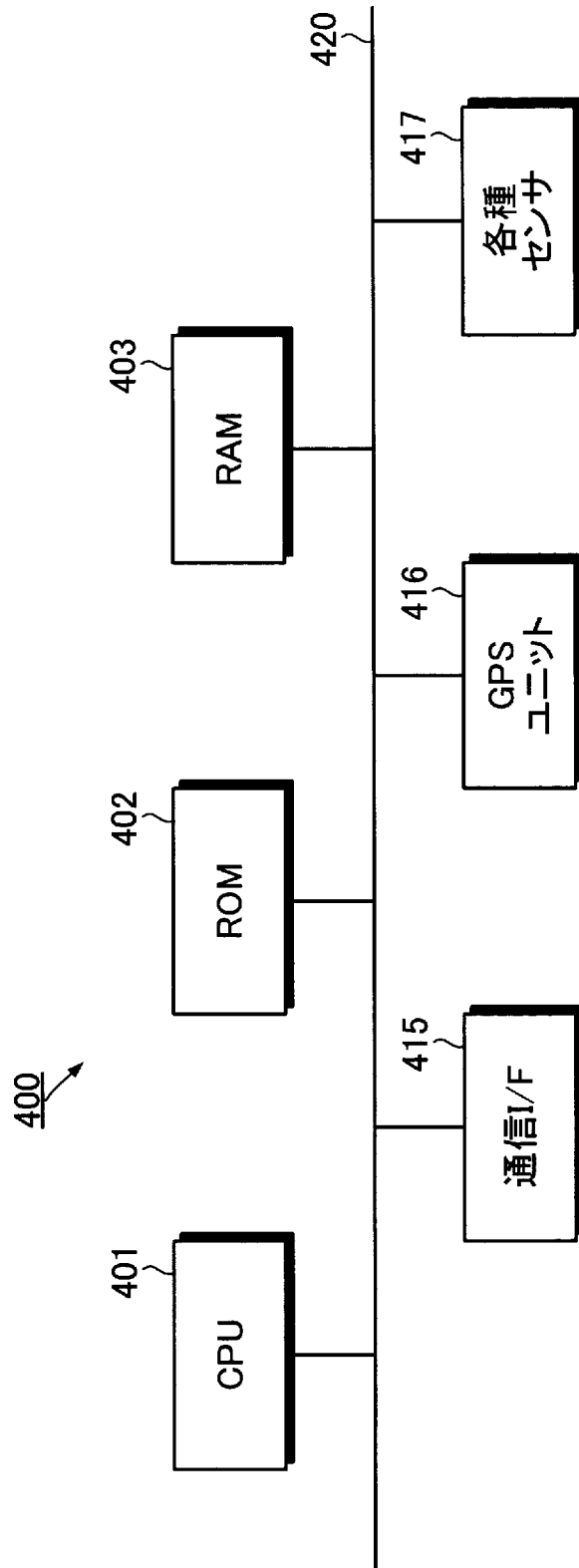
[図2]



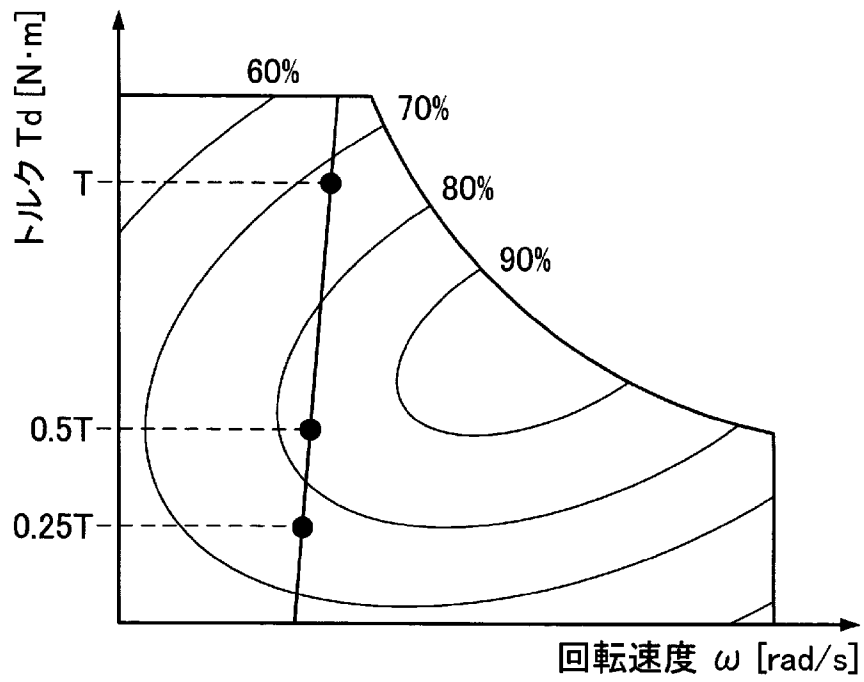
[図3]



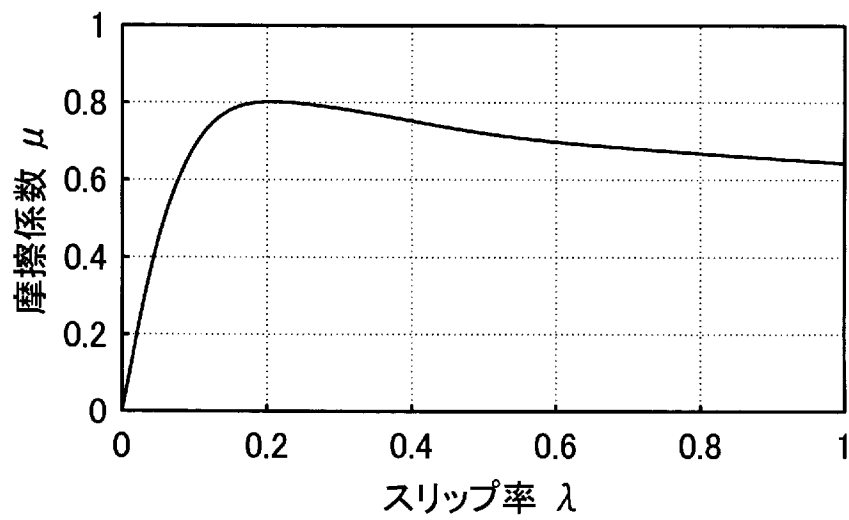
[図4]



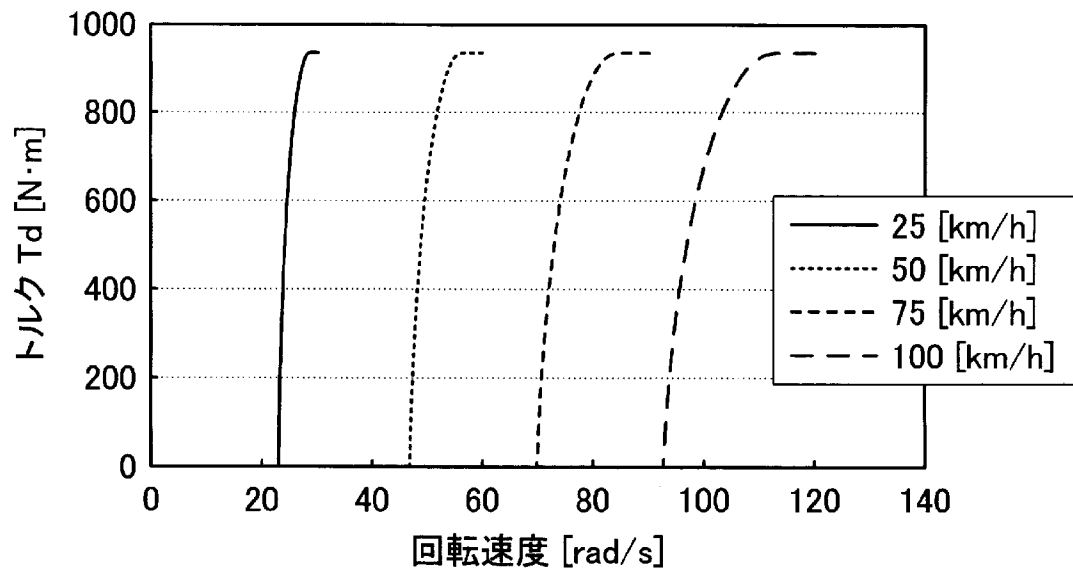
[図5]



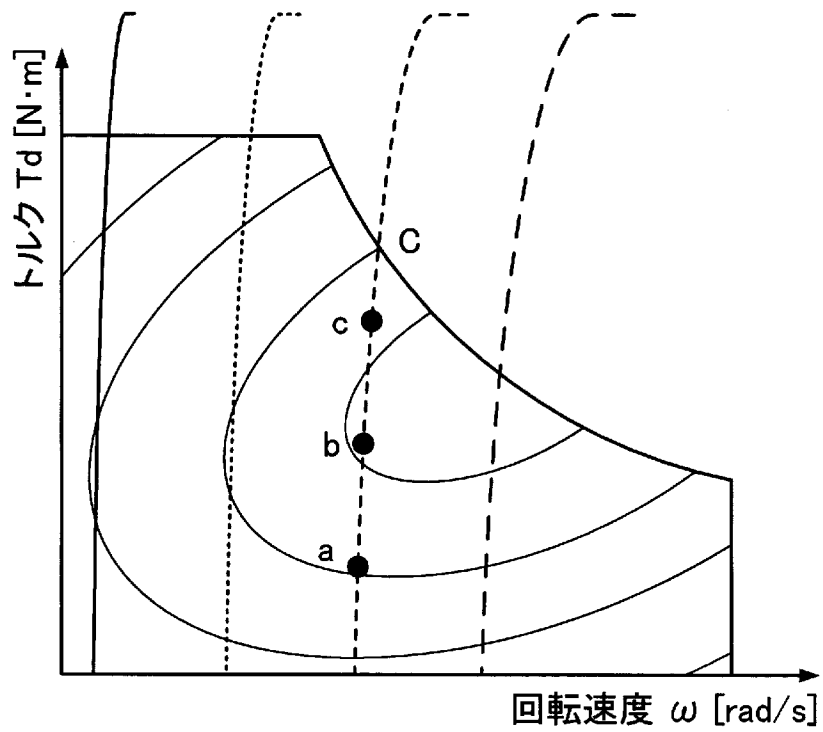
[図6]



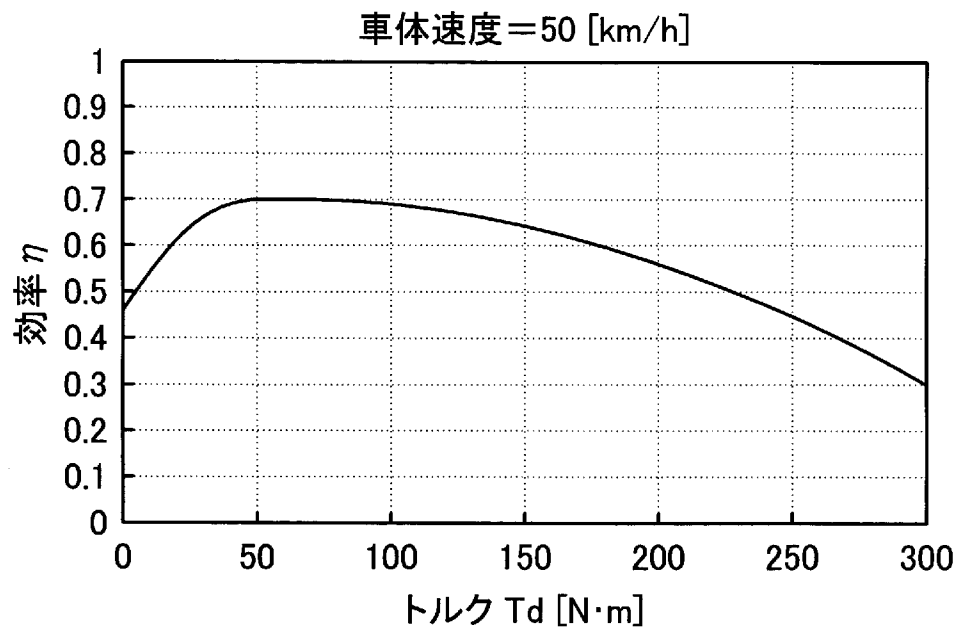
[図7]



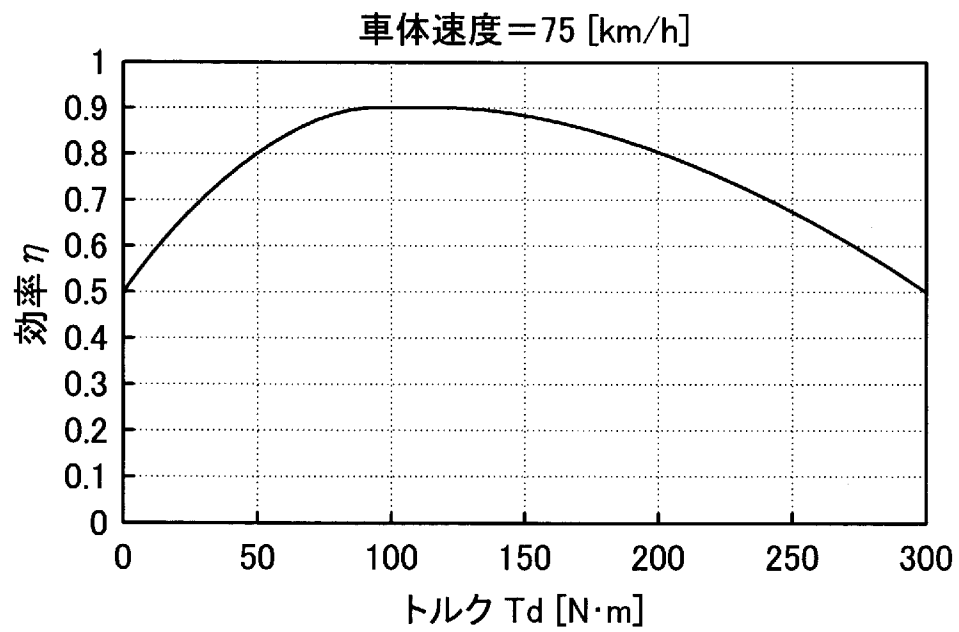
[図8]



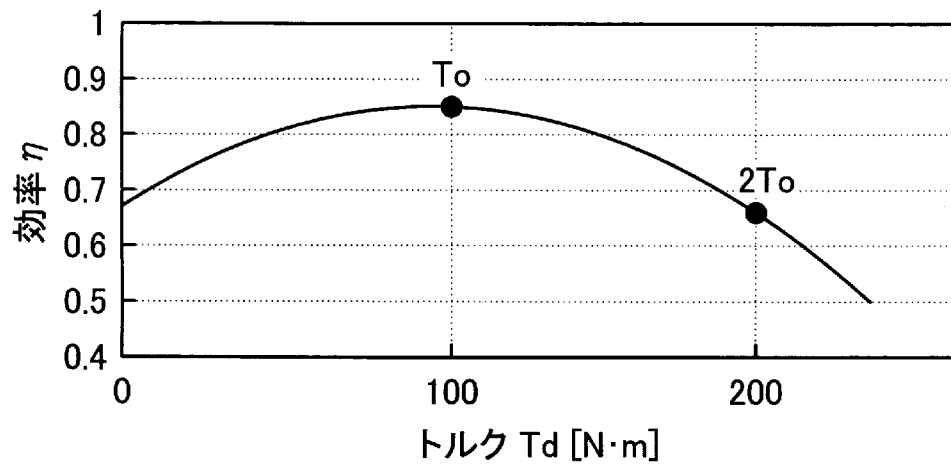
[図9-1]



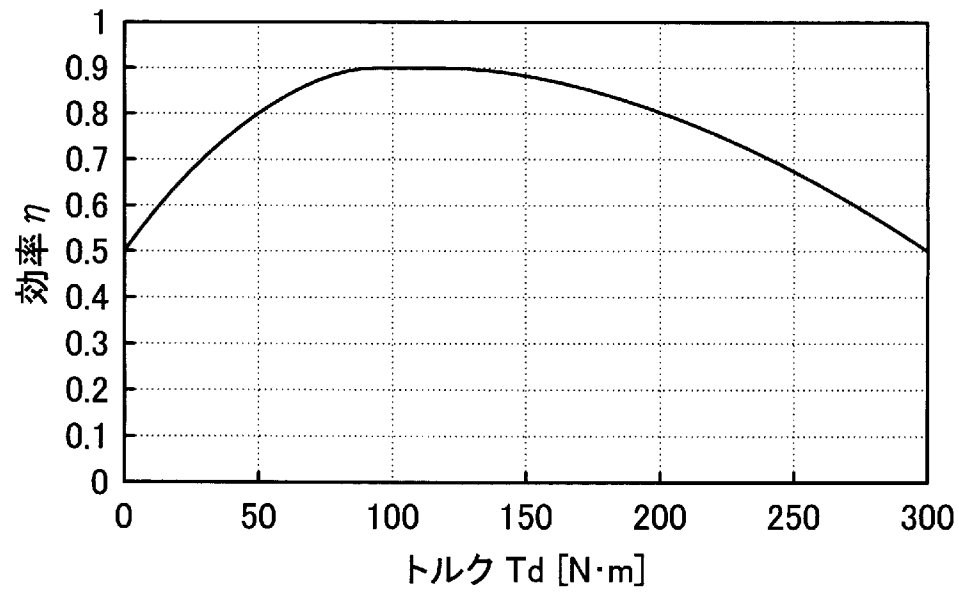
[図9-2]



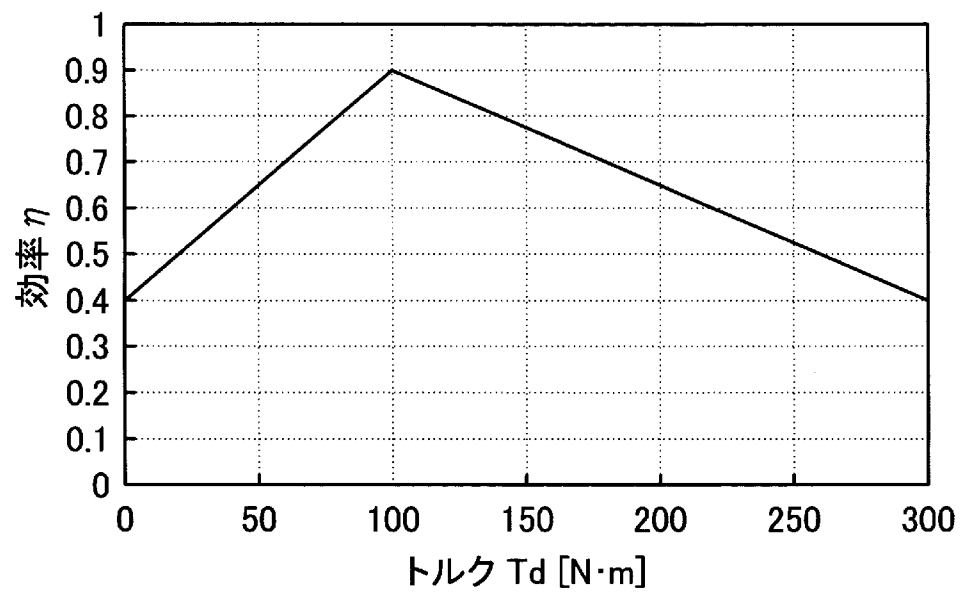
[図10]



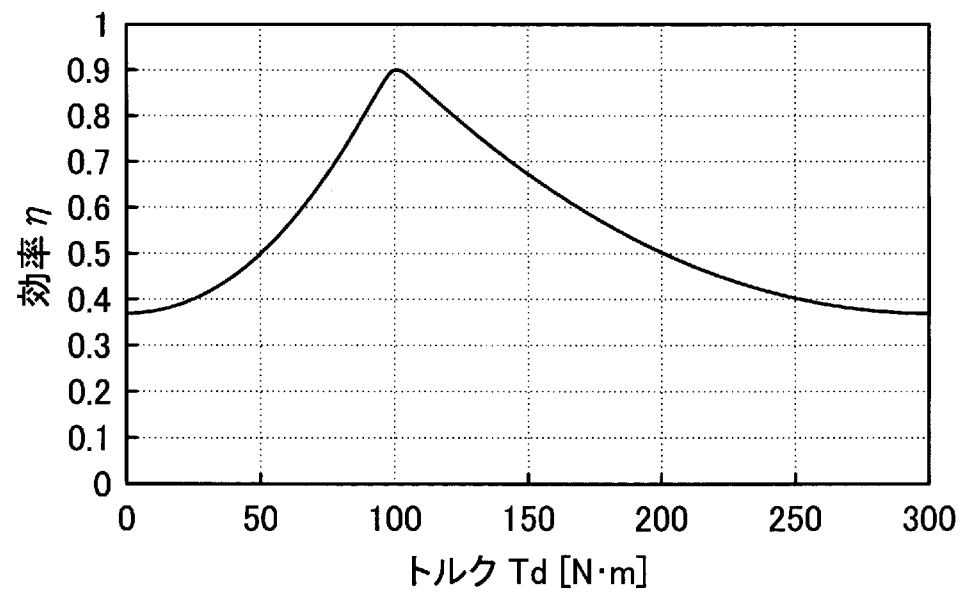
[図11-1]



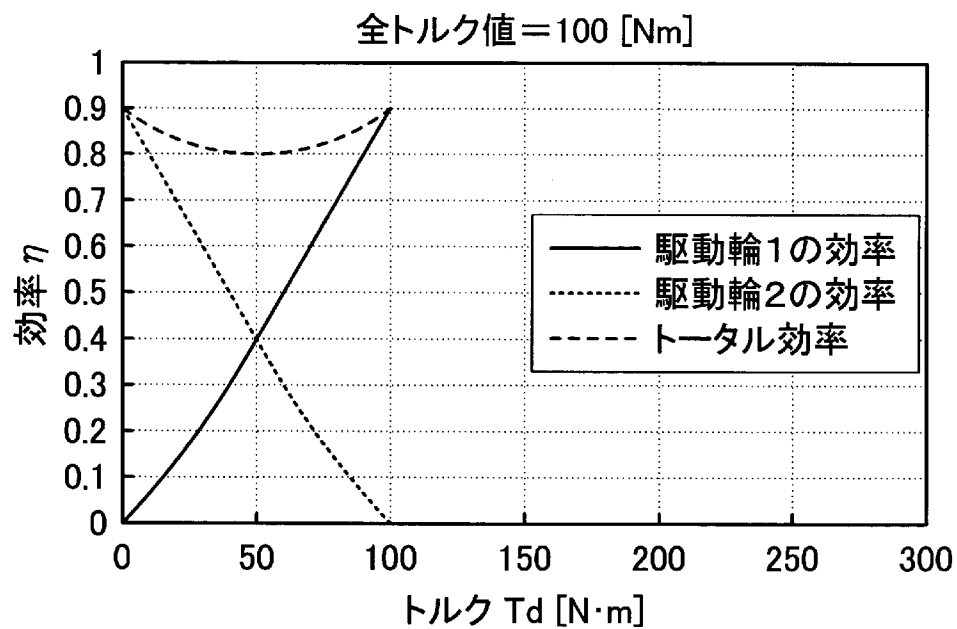
[図11-2]



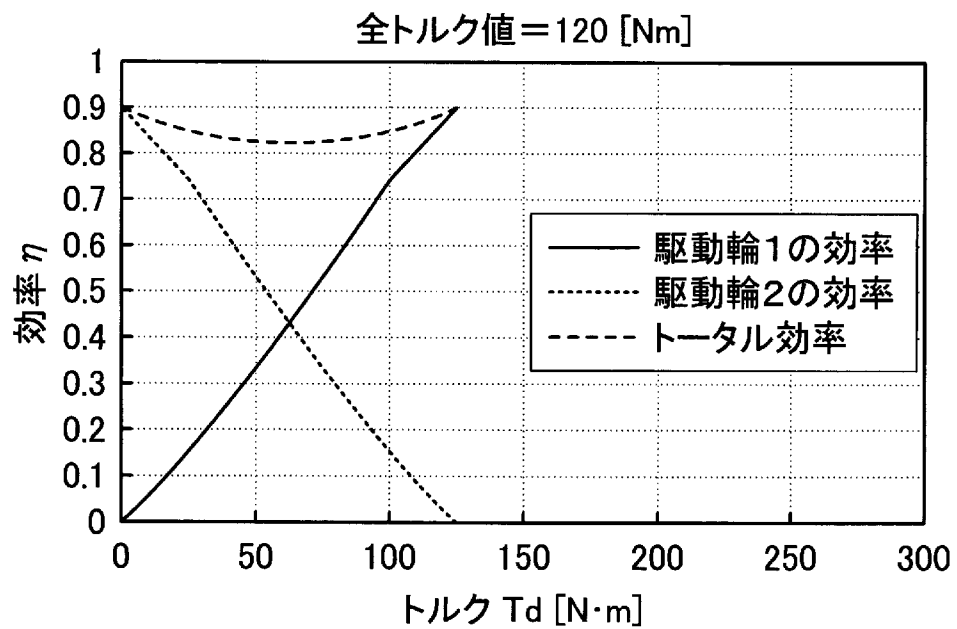
[図11-3]



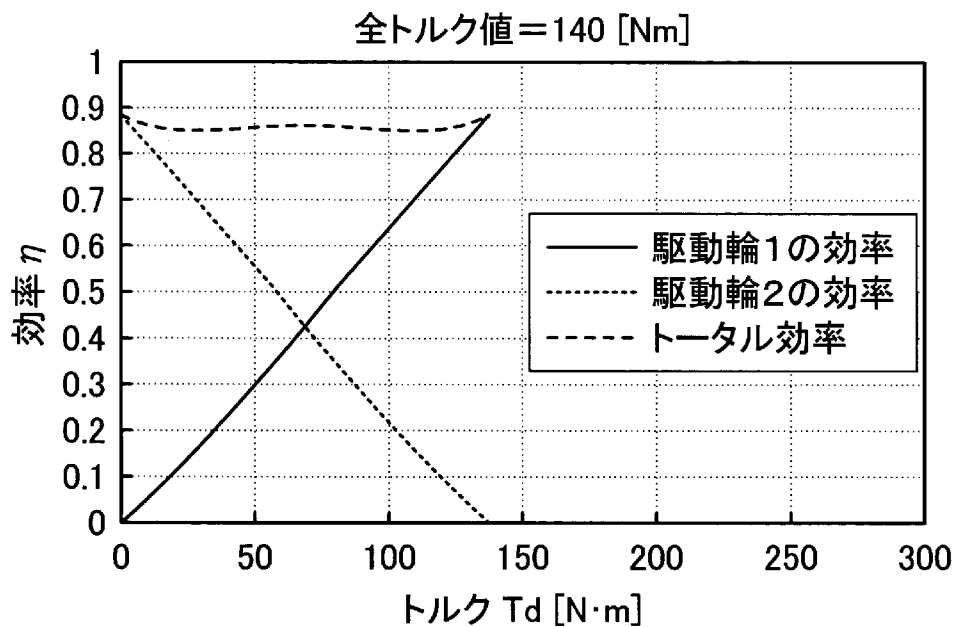
[図12-1]



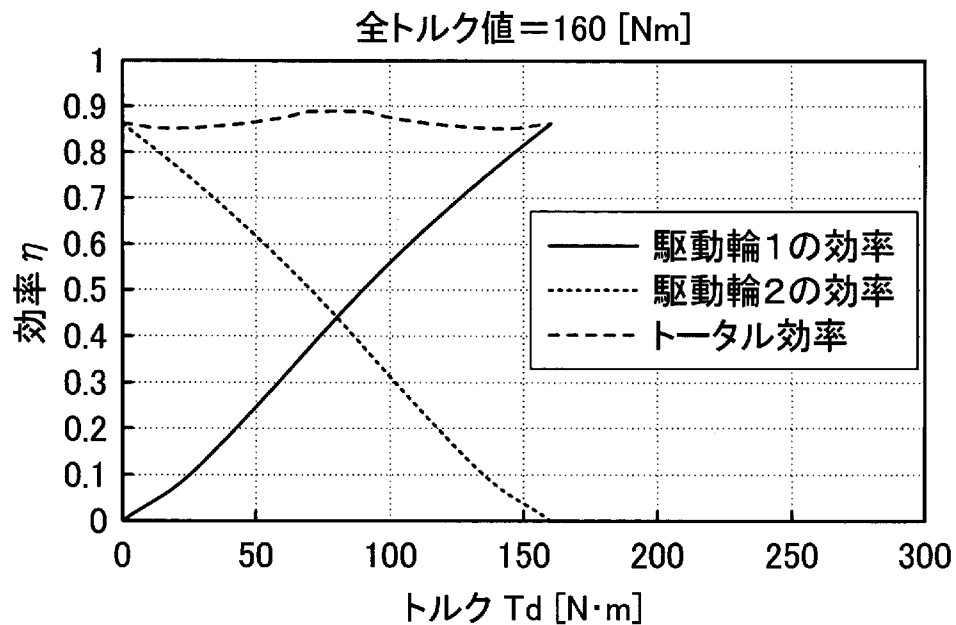
[図12-2]



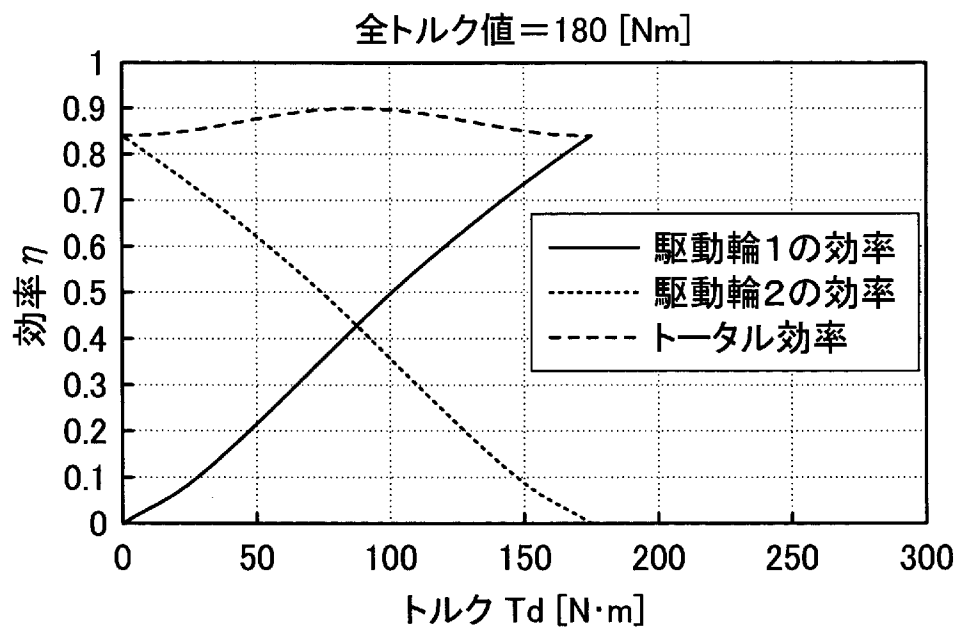
[図12-3]



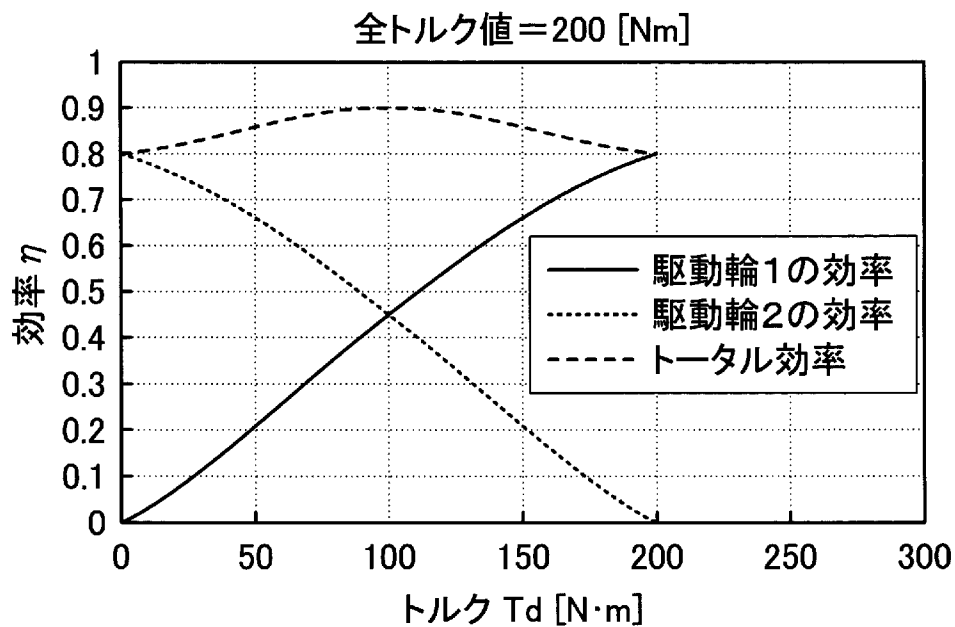
[図12-4]



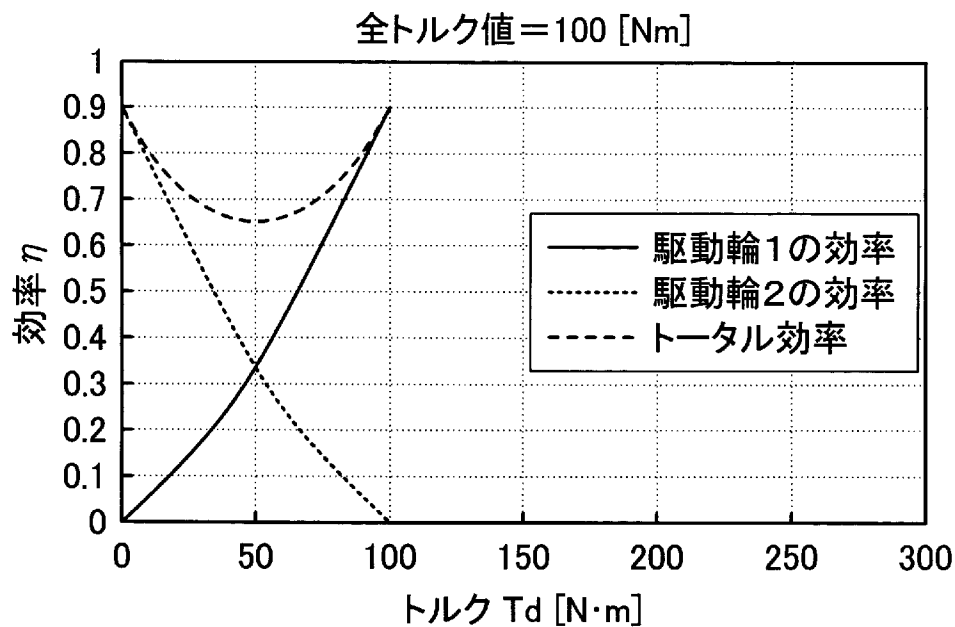
[図12-5]



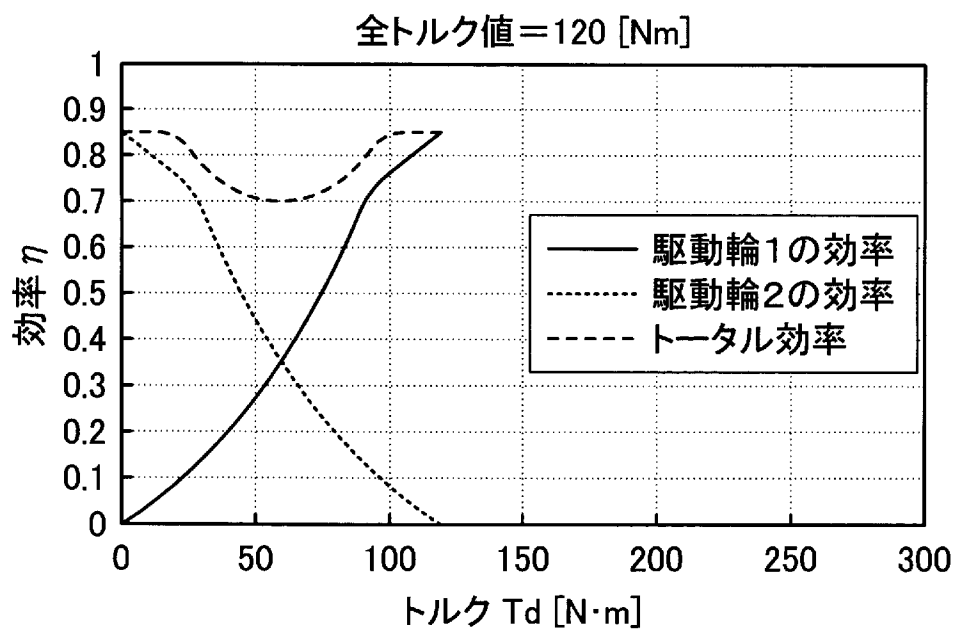
[図12-6]



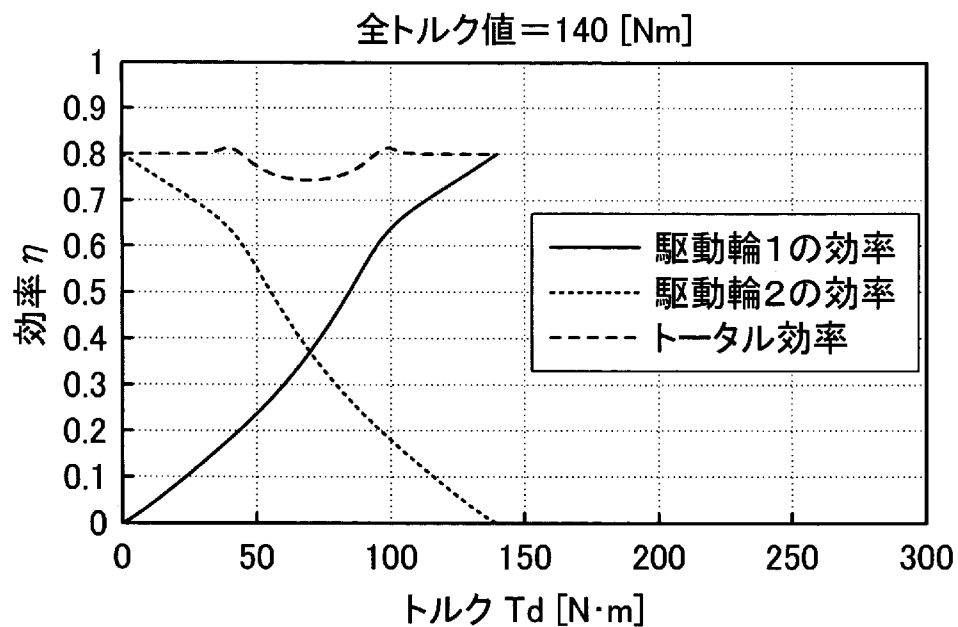
[図13-1]



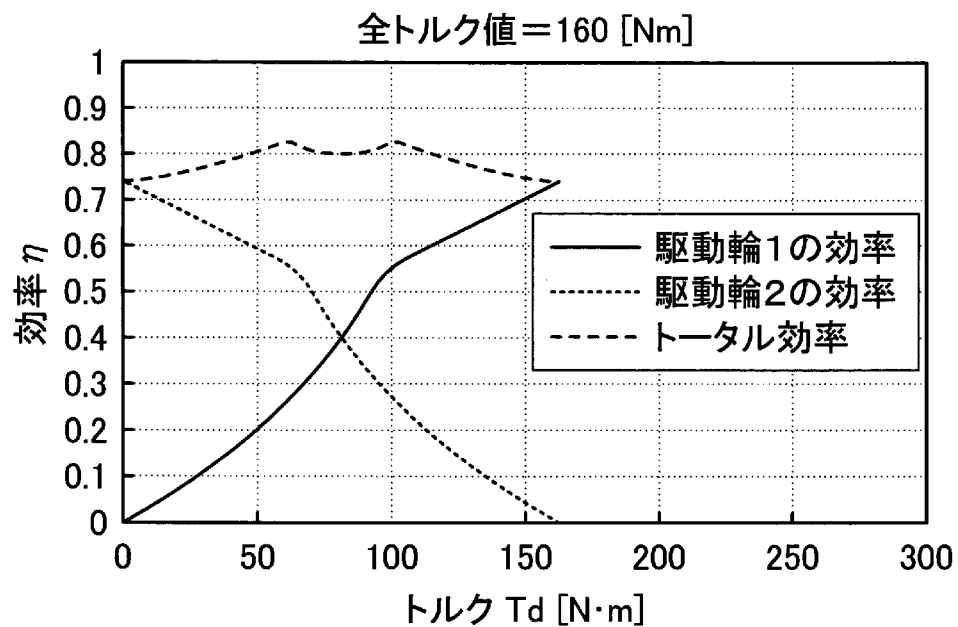
[図13-2]



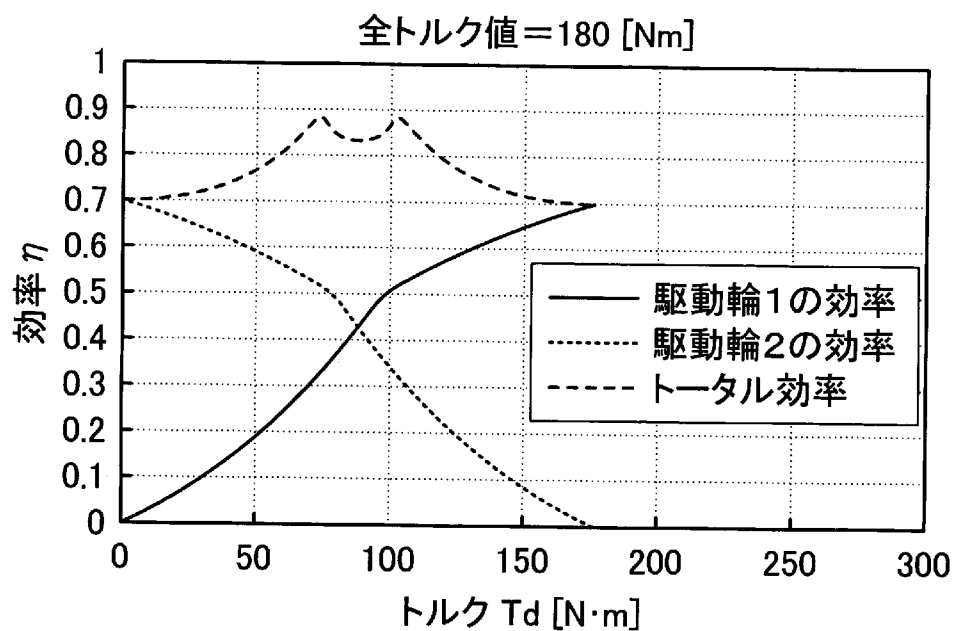
[図13-3]



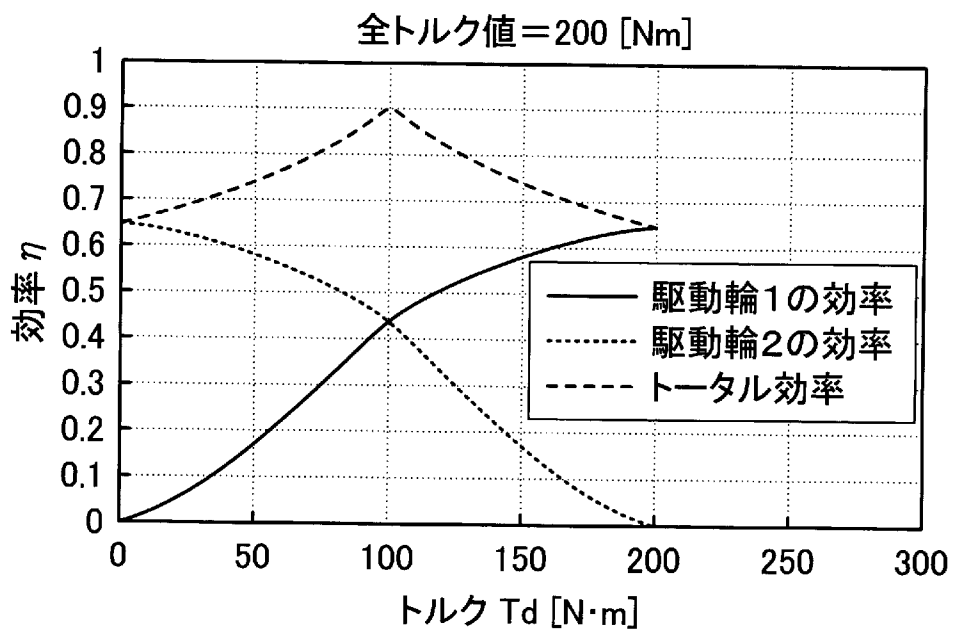
[図13-4]



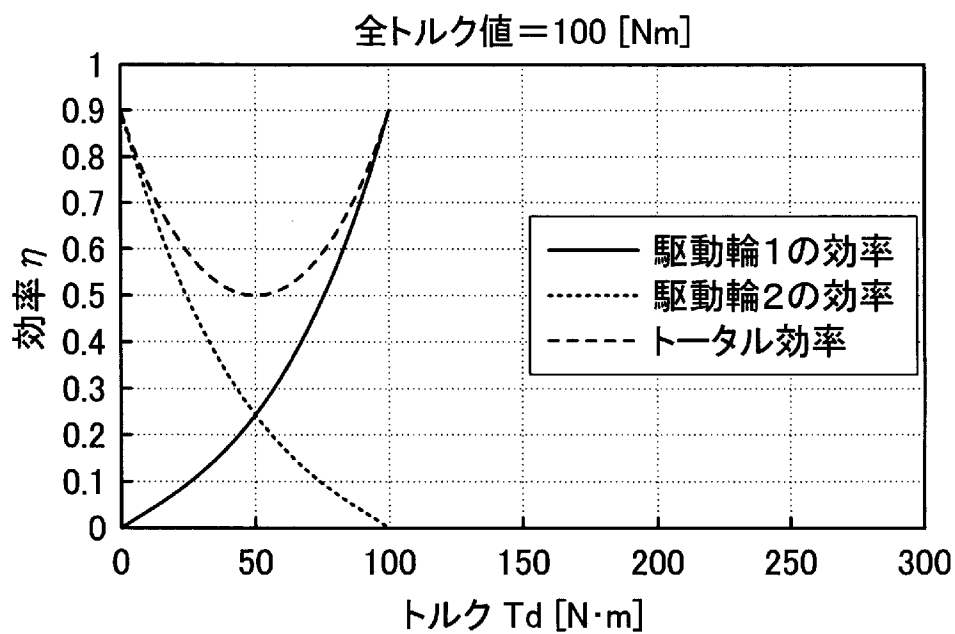
[図13-5]



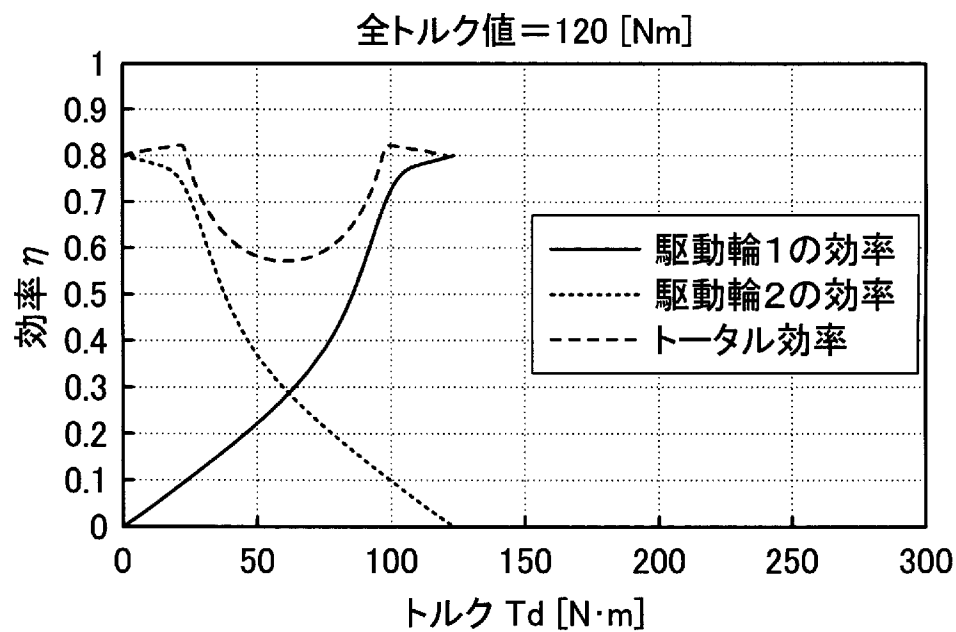
[図13-6]



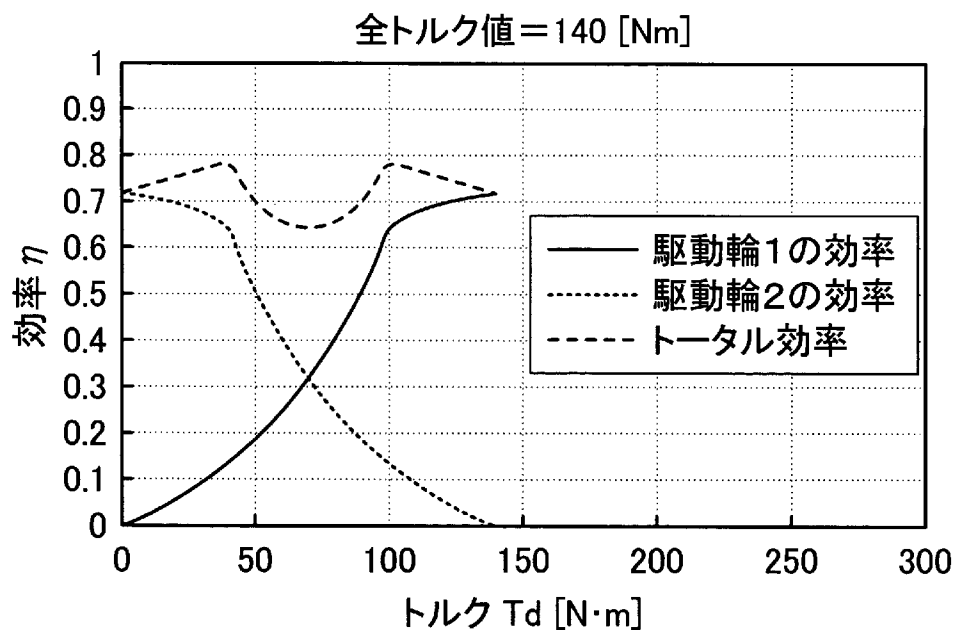
[図14-1]



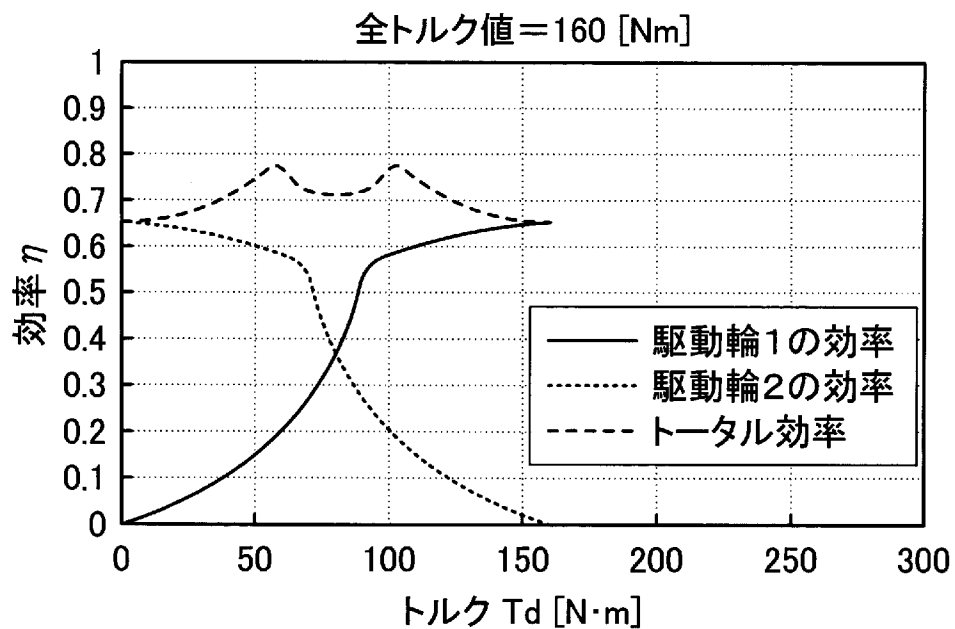
[図14-2]



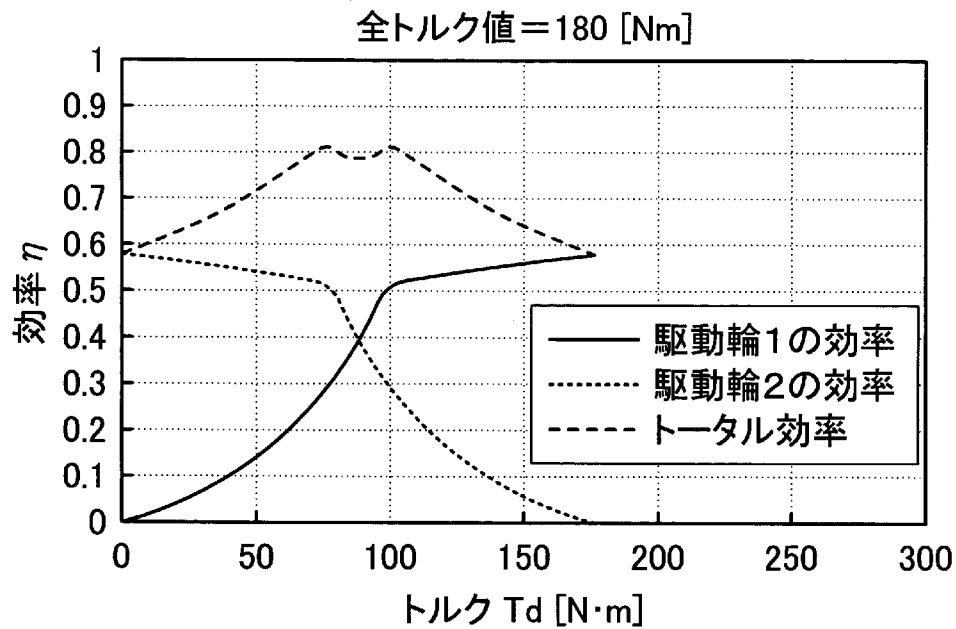
[図14-3]



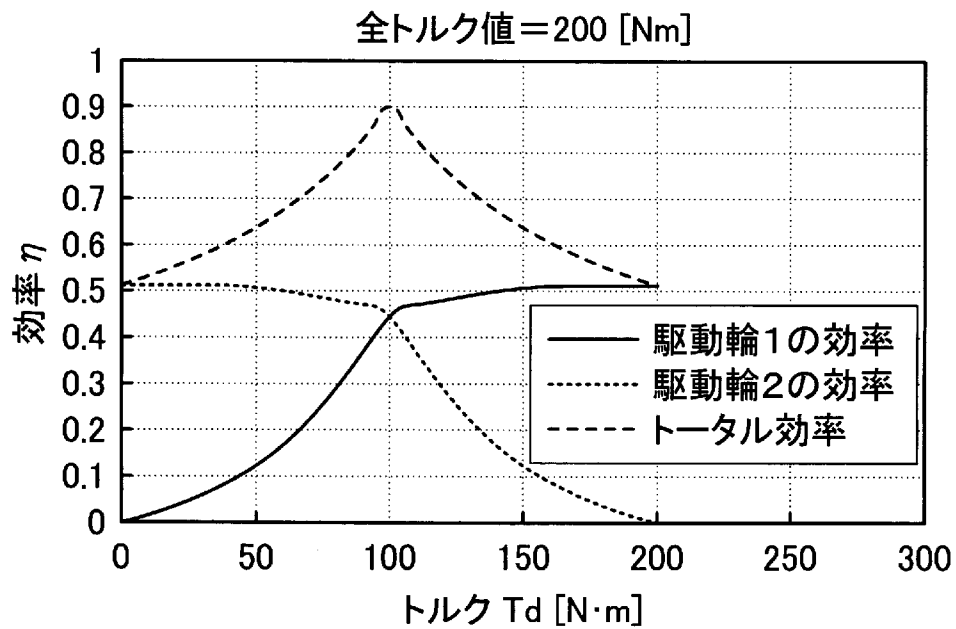
[図14-4]



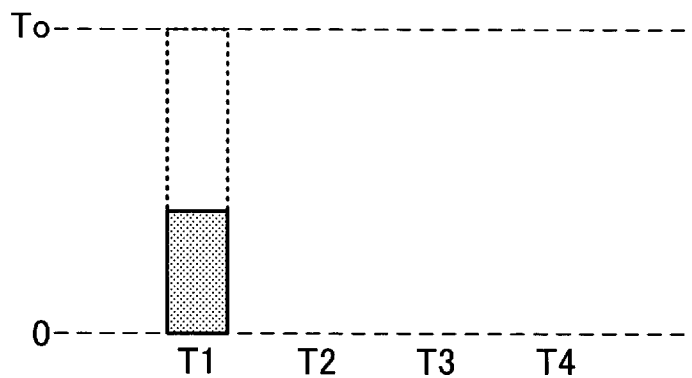
[図14-5]



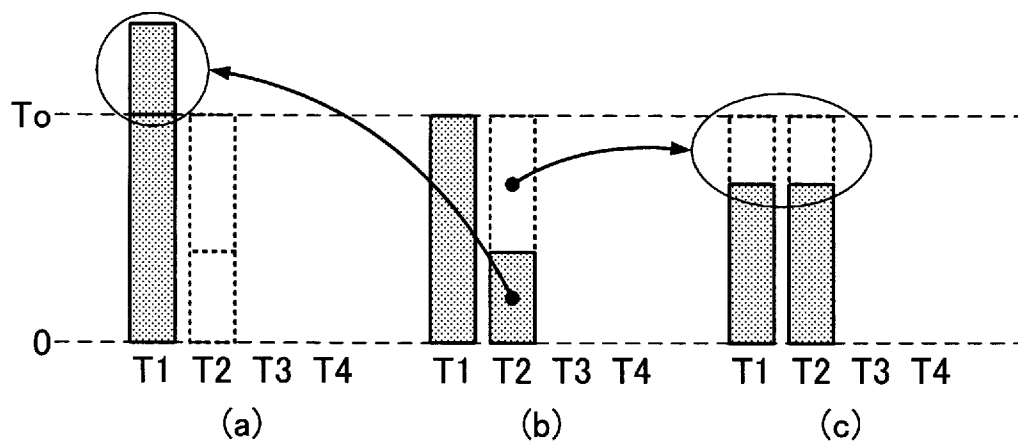
[図14-6]



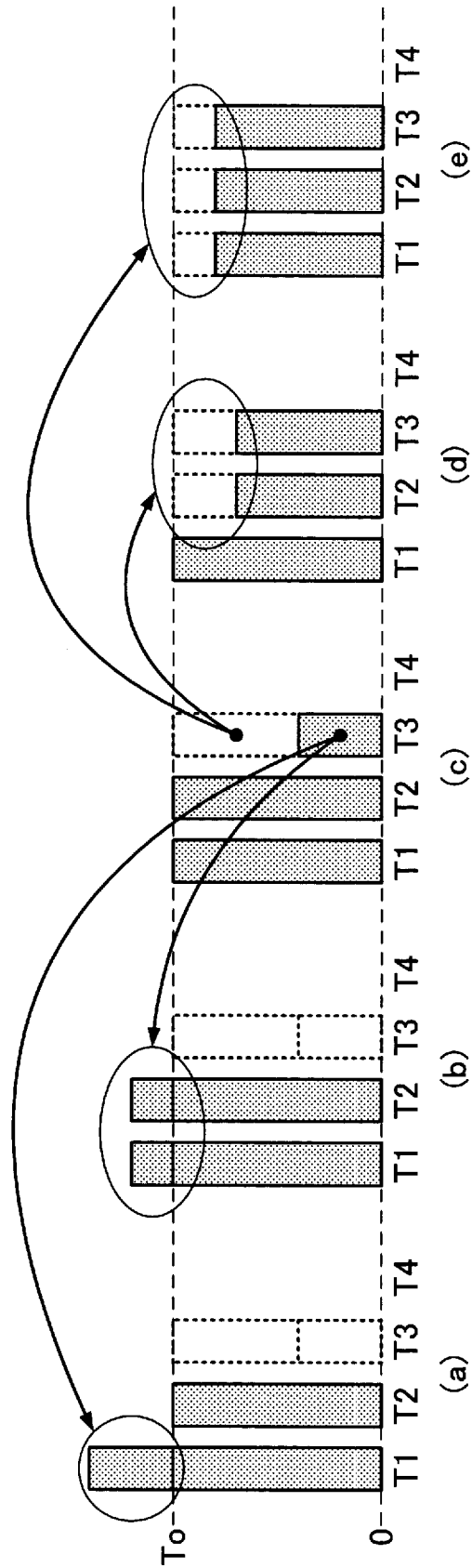
[図15-1]



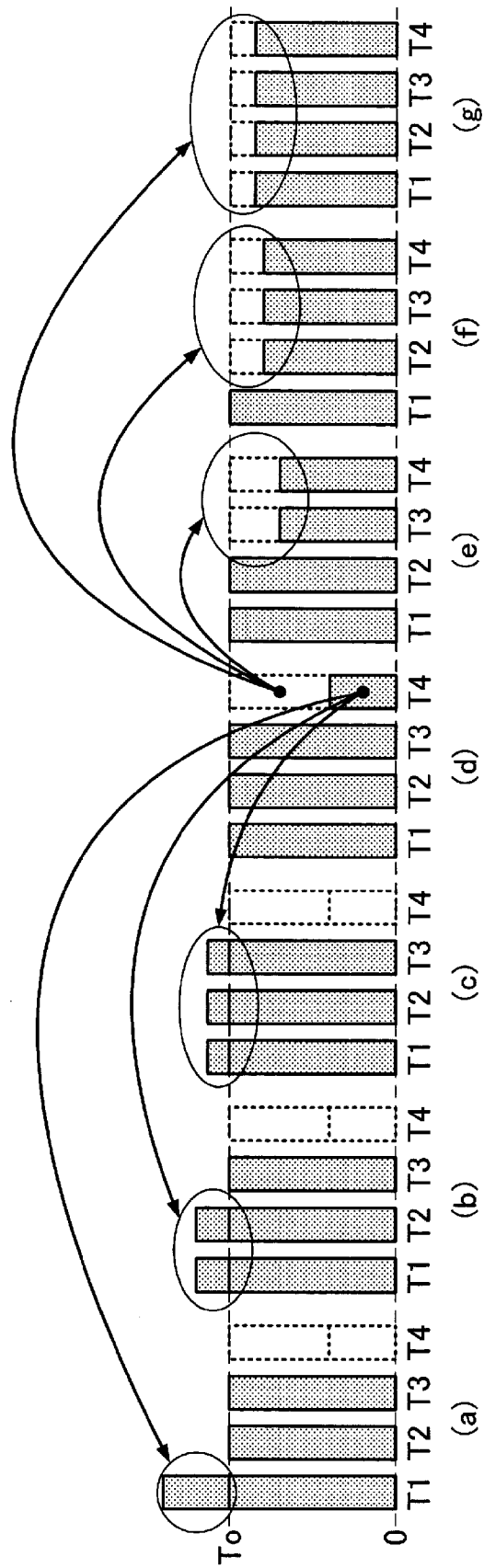
[図15-2]



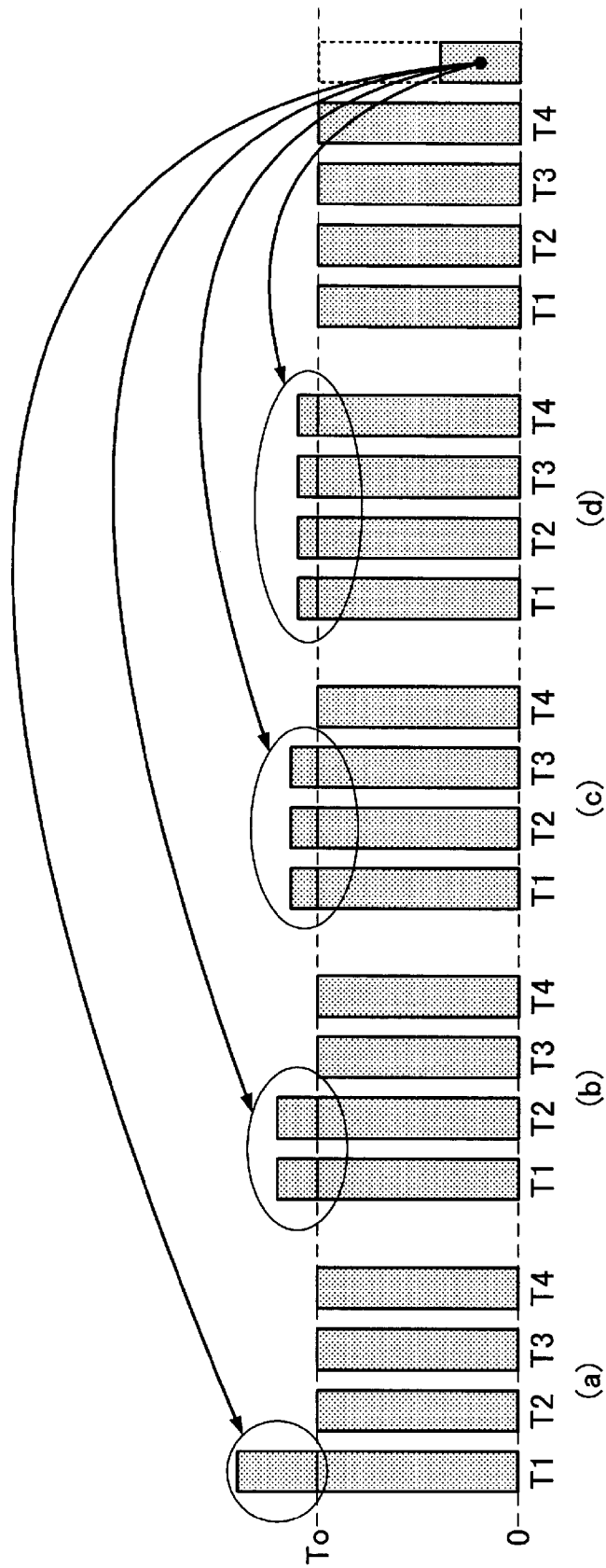
[図15-3]



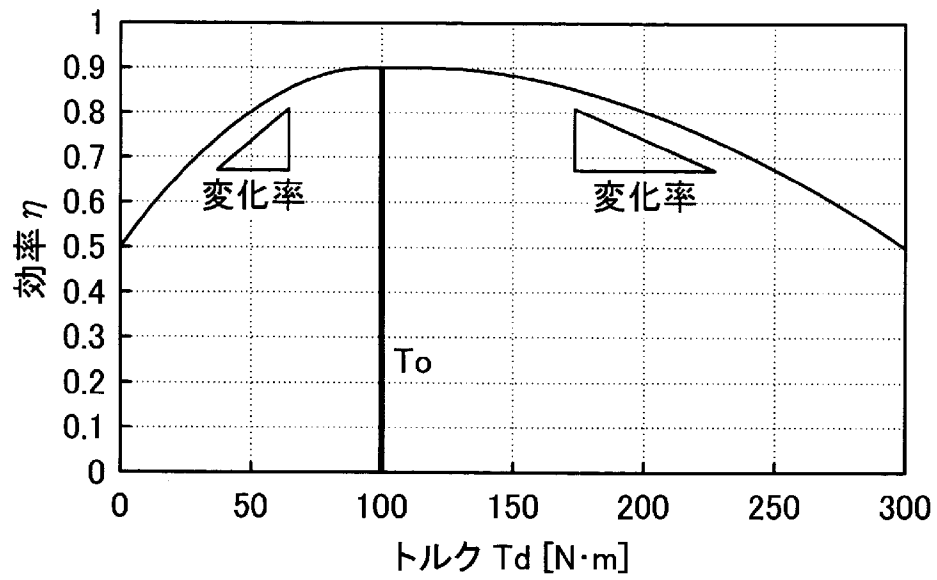
[図15-4]



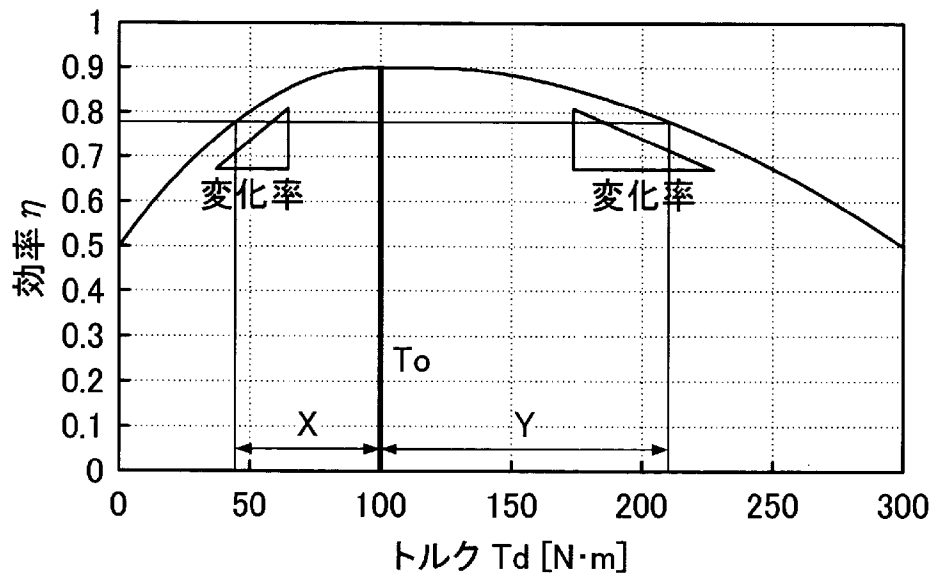
[図15-5]



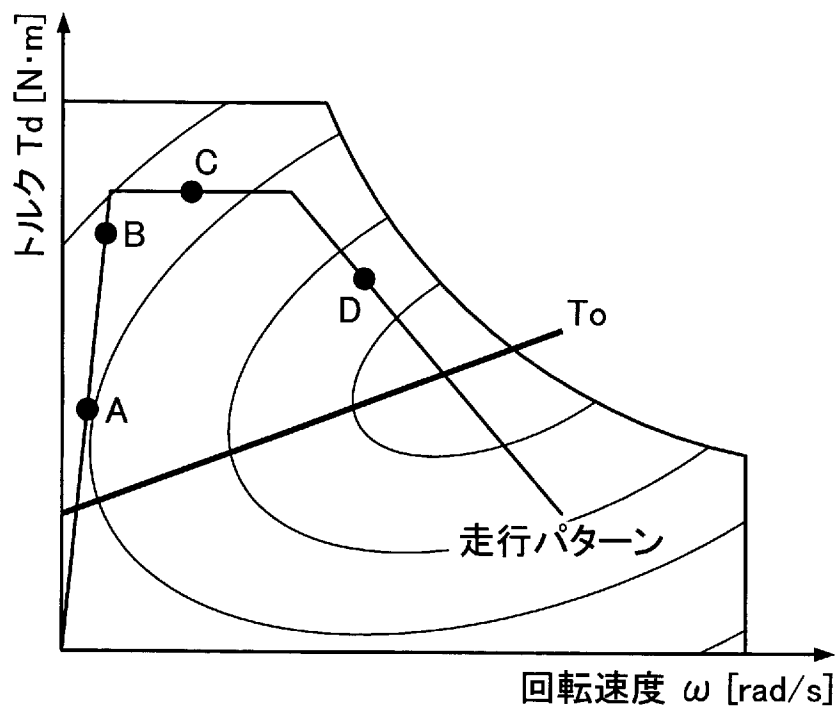
[図16-1]



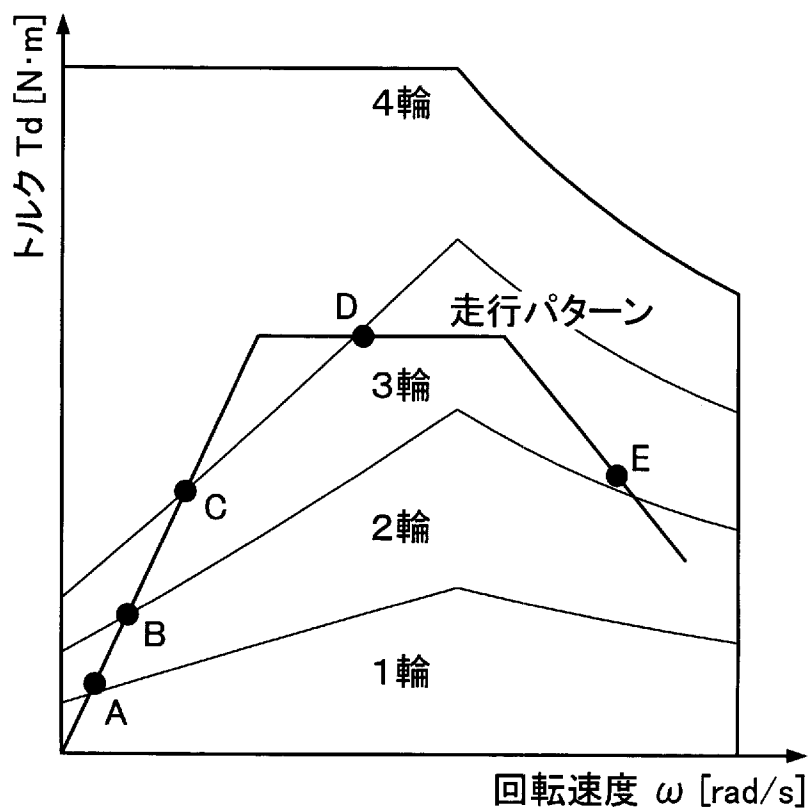
[図16-2]



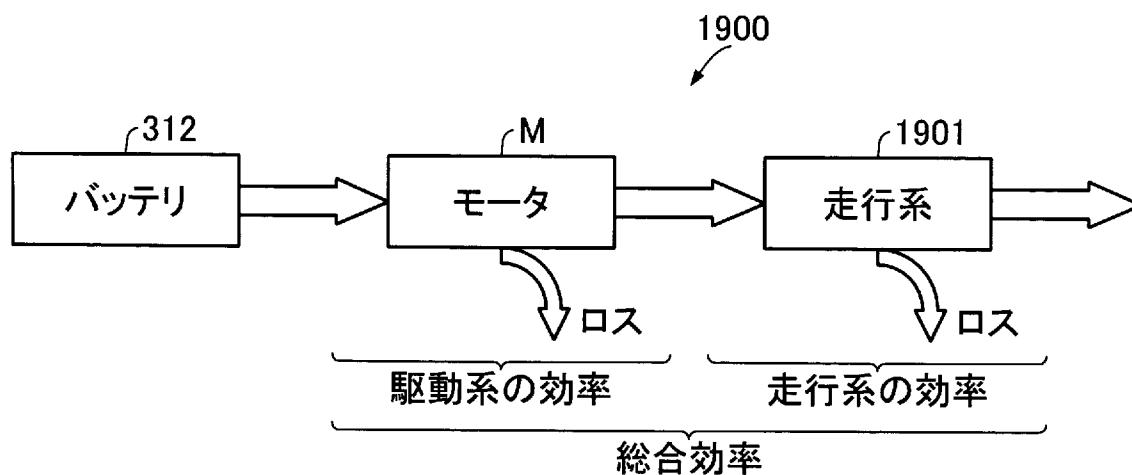
[図17]



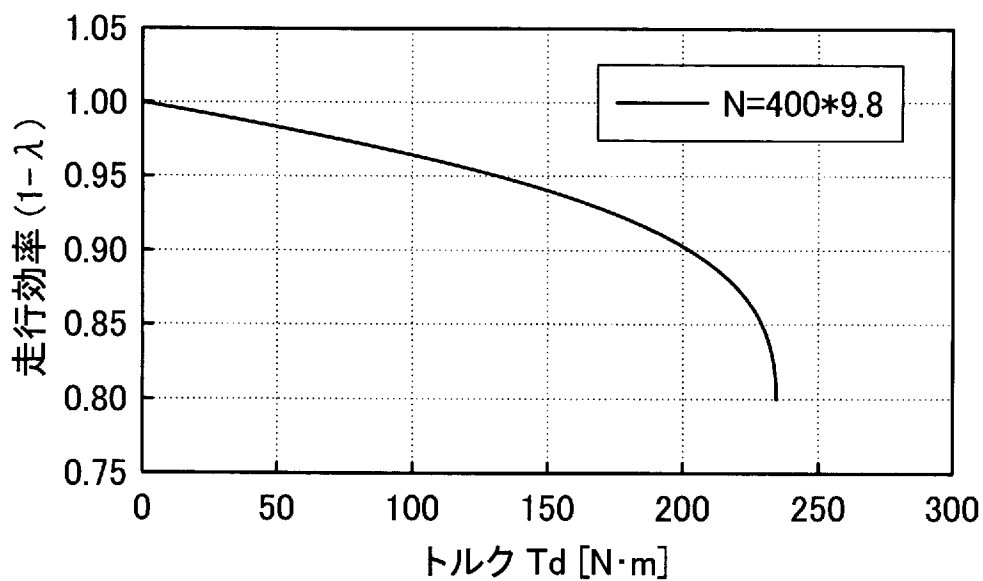
[図18]



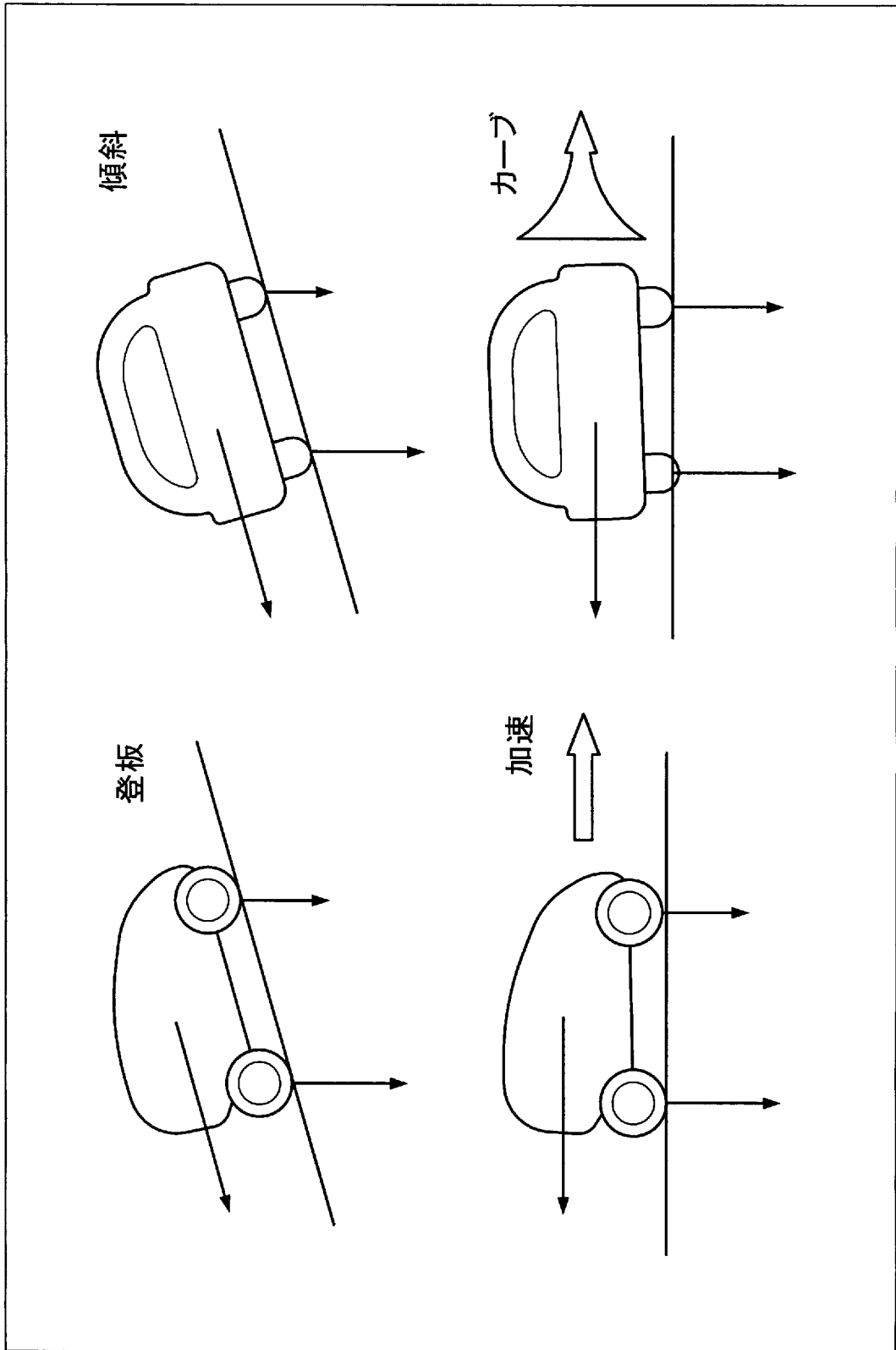
[図19]



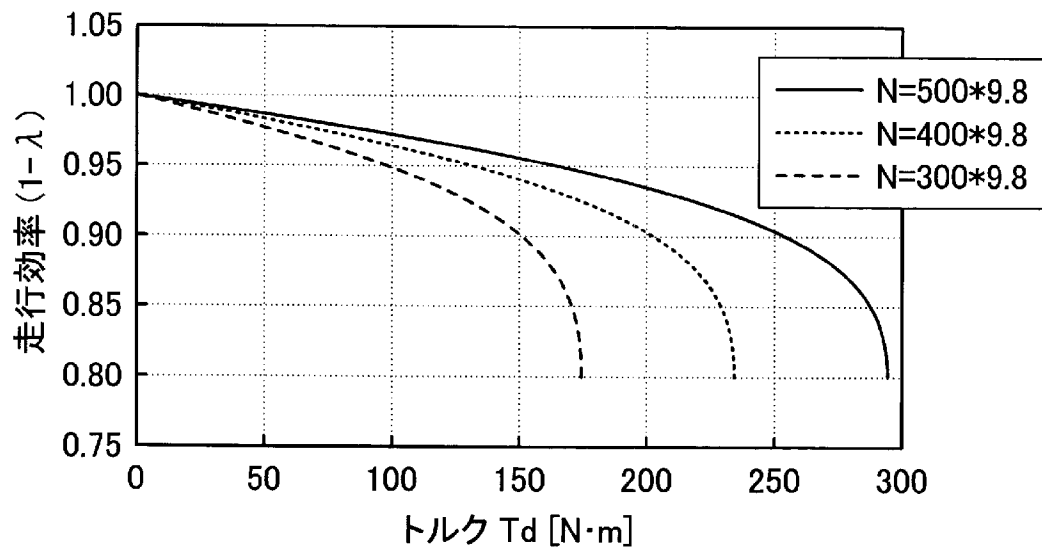
[図20]



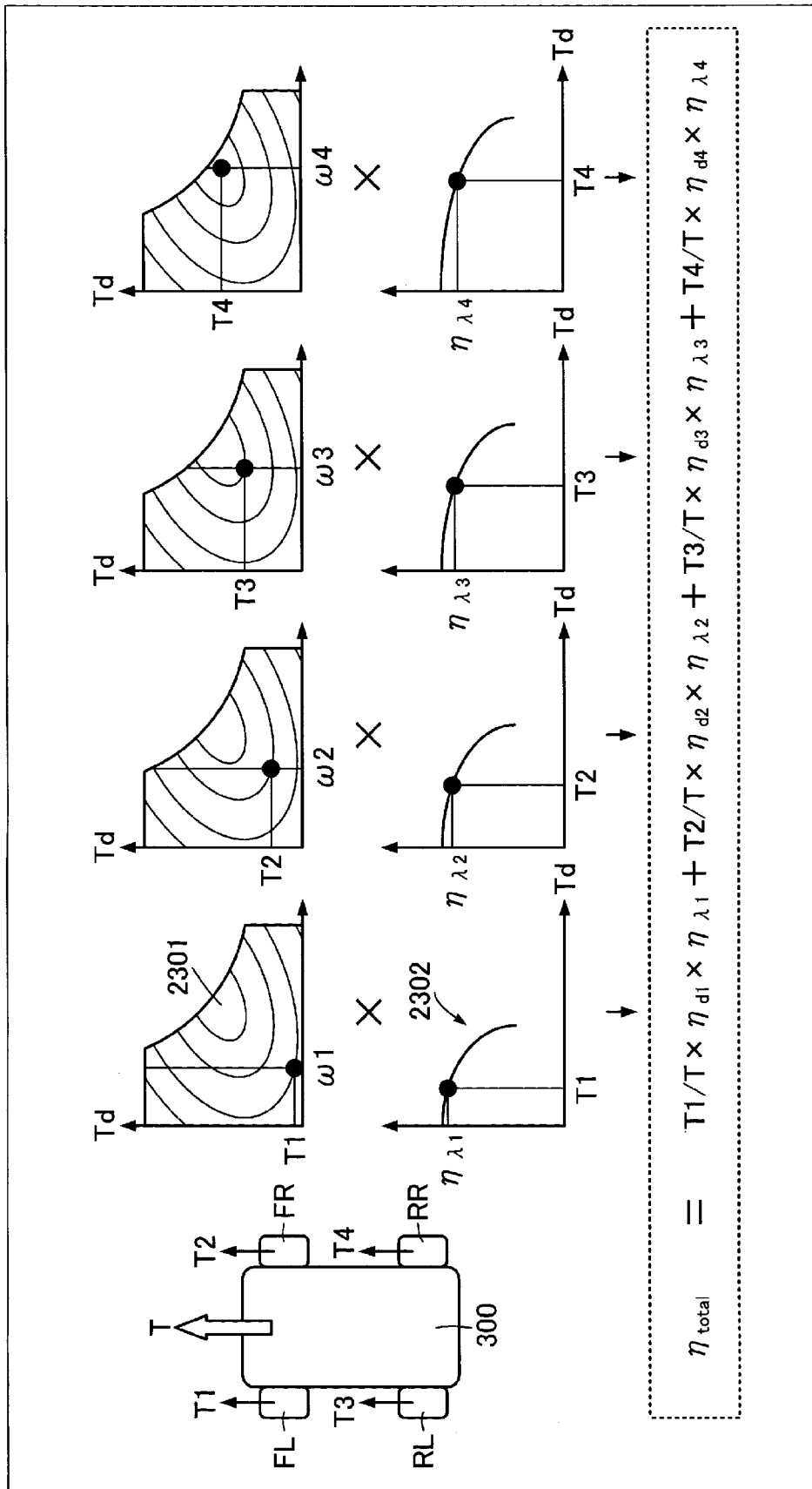
[図21]



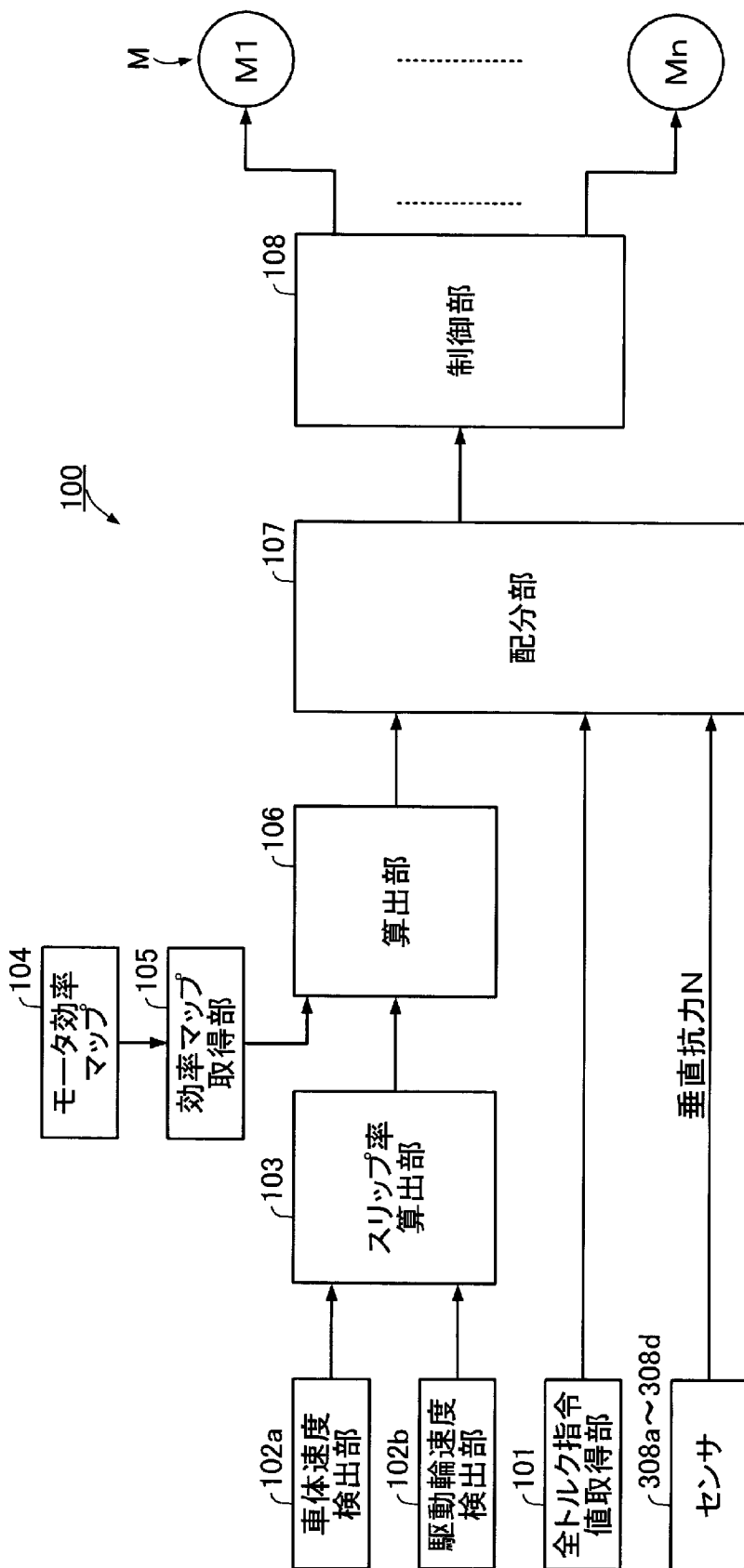
[図22]



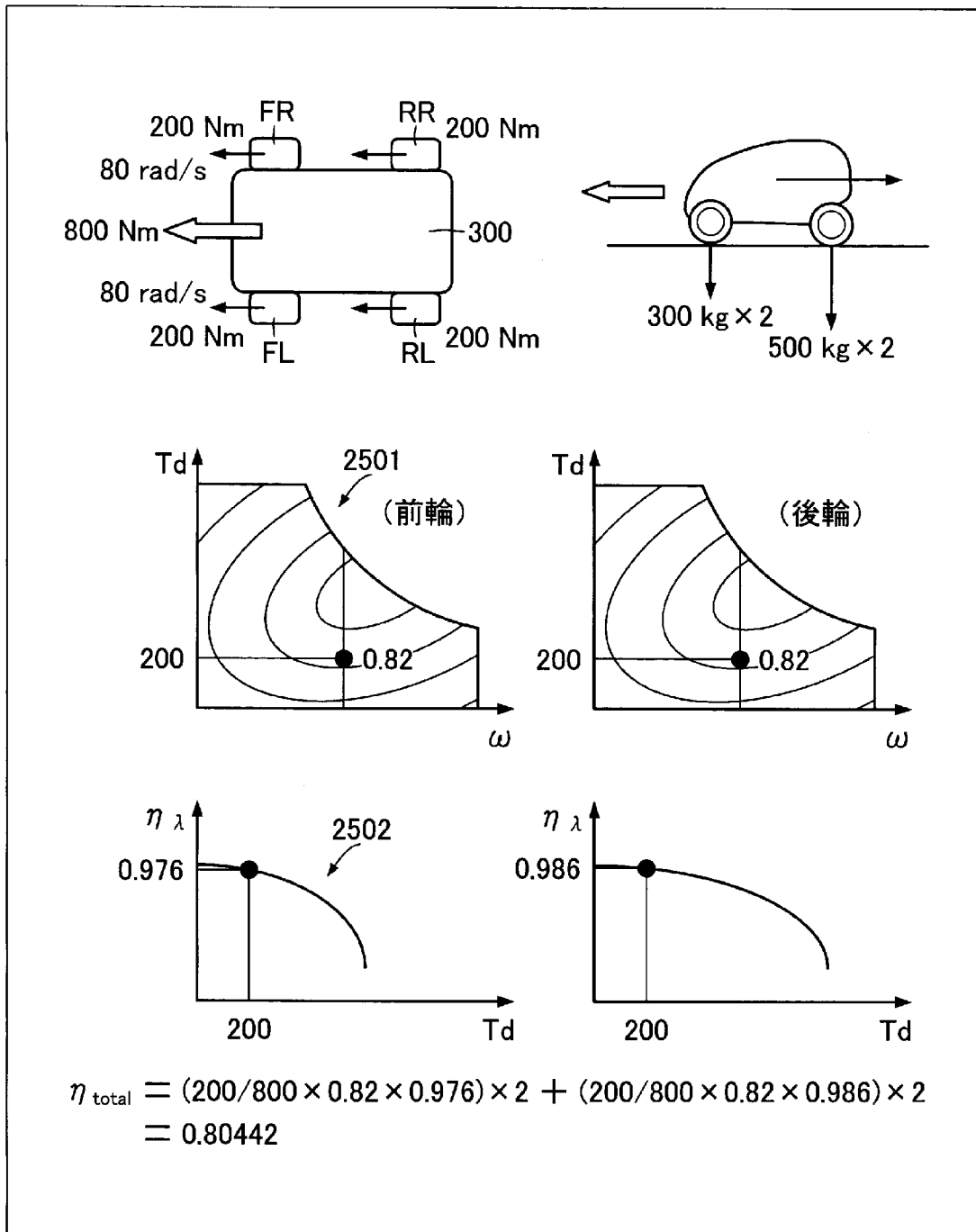
[圖23]



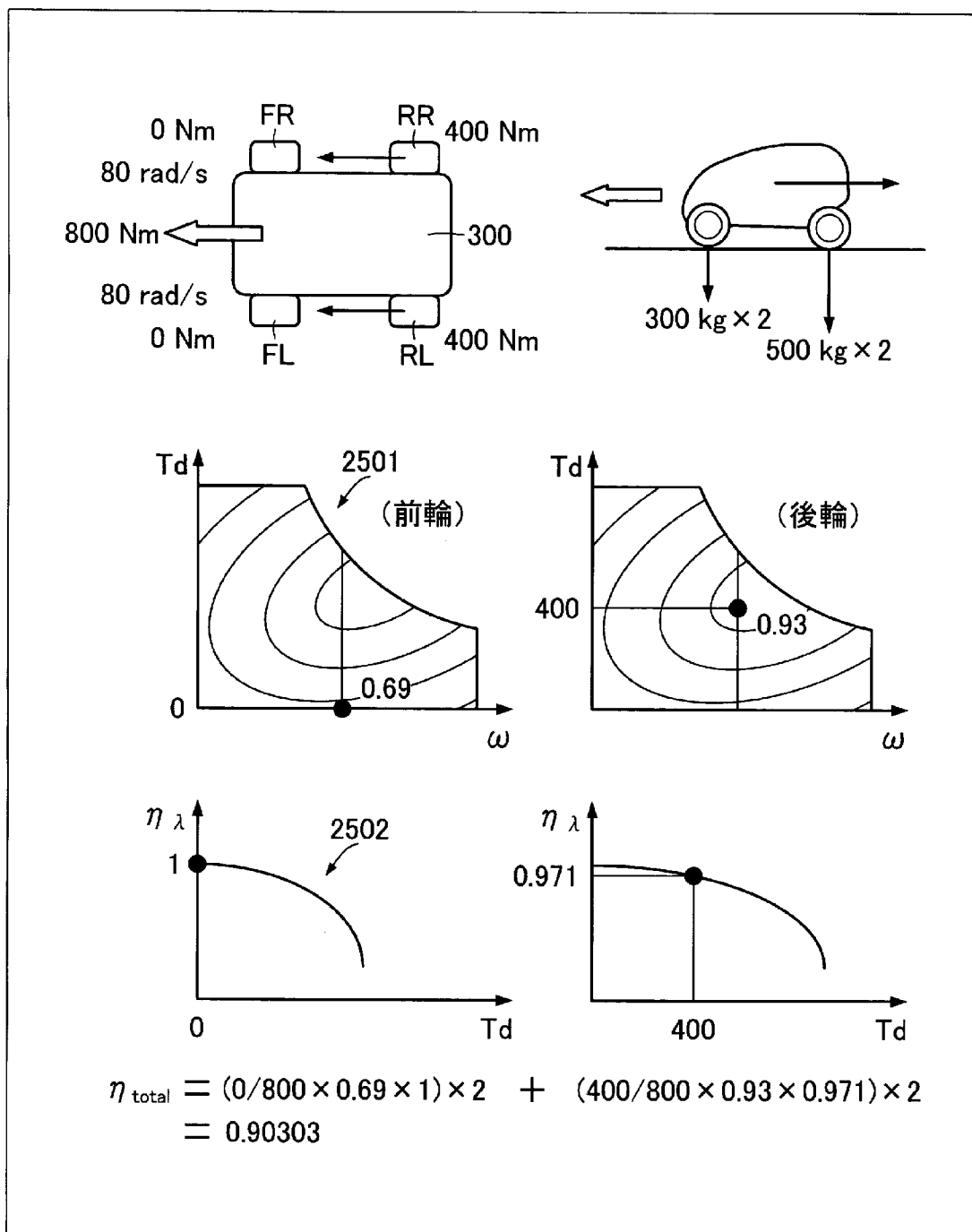
[図24]



[図25-1]



[図25-2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/053564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B60L9/18(2006.01) i, B60L15/20(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B60L9/18, B60L15/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-345677 A (Denso Corp.), 21 December 2006 (21.12.2006), paragraphs [0053] to [0061], [0095] to [0110]; fig. 2 to 6, 15 to 16 (Family: none)	1, 4-9 2-3
Y	JP 2008-228407 A (Tokyo Metropolitan University), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraphs [0021], [0115] to [0120]; fig. 1, 7 (Family: none)	1, 4-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
 "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 10 May, 2011 (10.05.11)	Date of mailing of the international search report 24 May, 2011 (24.05.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/053564

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-178216 A (Hitachi, Ltd.), 31 July 2008 (31.07.2008), paragraphs [0003] to [0008], [0090] to [0091]; fig. 9, 11 & US 2010/0114447 A & EP 2106955 A1 & WO 2008/087925 A1	1, 4-9
Y	JP 2007-313982 A (Toyota Motor Corp.), 06 December 2007 (06.12.2007), paragraphs [0008] to [0009], [0088], [0111] to [0166]; fig. 5 to 9 & US 2009/0088914 A1 & EP 2025570 A1 & WO 2007/136122 A1 & CN 101454188 A	4
A	JP 2-133005 A (Aisin AW Co., Ltd.), 22 May 1990 (22.05.1990), fig. 2, 5 to 6 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B60L9/18(2006.01)i, B60L15/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B60L9/18, B60L15/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2006-345677 A (株式会社デンソー) 2006.12.21, 段落番号【0053】-【0061】、【0095】-【0110】及び図2-6、15-16 (ファミリーなし)	1、4-9 2-3
Y	JP 2008-228407 A (公立大学法人首都大学東京) 2008.09.25, 段落番号【0021】、【0115】-【0120】及び図1、7 (ファミリーなし)	1、4-9
Y	JP 2008-178216 A (株式会社日立製作所) 2008.07.31, 段落番号【0003】-【0008】、【0090】-【0091】及び図9、11 & US 2010/0114447 A & EP 2106955 A1 & WO 2008/087925 A1	1、4-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.05.2011

国際調査報告の発送日

24.05.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

上野 力

3H

3748

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-313982 A (トヨタ自動車株式会社) 2007. 12. 06, 段落番号【0008】 - 【0009】、【0088】、【0111】 - 【0166】 及び図5 - 9 & US 2009/0088914 A1 & EP 2025570 A1 & WO 2007/136122 A1 & CN 101454188 A	4
A	JP 2-133005 A (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 1990. 05. 22, 図2、5 - 6 (ファミリーなし)	1 - 9