

(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
2023年4月20日(20.04.2023)



(10) 国際公開番号

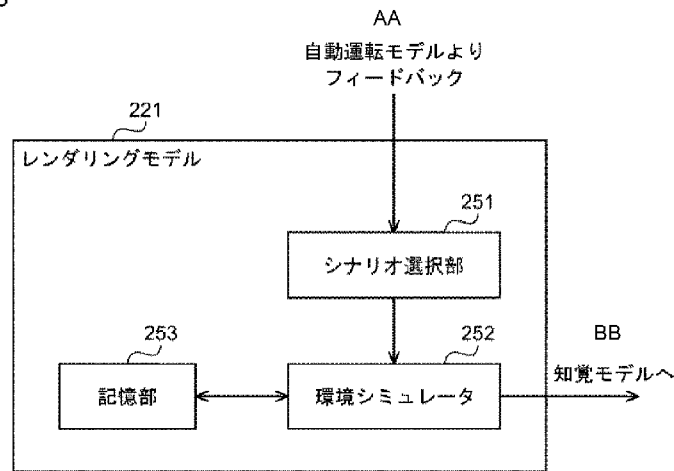
WO 2023/063095 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/02 (2006.01) G01S 13/34 (2006.01) 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/036367 (72) 発明者: 宮岡 大定 (MIYAOKA Hirosada);
〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (22) 国際出願日: 2022年9月29日(29.09.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-168145 2021年10月13日(13.10.2021) JP
- (74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3丁目9番10号 池袋F Nビル4階 Tokyo (JP).
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014
- (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: INFORMATION PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、および情報処理方法、並びにプログラム

FIG.16



- 221 Rendering model
251 Scenario selection unit
252 Environment simulator
253 Storage unit
AA Feedback from autonomous driving model
BB To perceptual model

(57) Abstract: The present disclosure relates to an information processing device, an information processing method, and a program that make it possible to achieve a high-precision simulation in accordance with an actual travelling environment using millimeter-wave radar. In the present disclosure, a radio wave interference model of a radar device mounted on a vehicle in a simulation environment is stored, the stored radio interference model is selected on the basis of a simulation scenario, and output data representing a result of object perception by a radar device is generated on the basis of the selected radio interference model. The present disclosure can be applied to an autonomous driving simulator.

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,
PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
-

(57) 要約：本開示は、ミリ波レーダによる現実の走行環境に則した高精度なシミュレーションを実現できるようにする情報処理装置、および情報処理方法、並びにプログラムに関する。シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶し、シミュレーションシナリオに基づいて、記憶された電波干渉モデルを選択し、選択された電波干渉モデルに基づいて、レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成する。本開示は、自動運転シミュレータに適用することができる。

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、および情報処理方法、並びにプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、情報処理装置、および情報処理方法、並びにプログラムに関し、特に、ミリ波レーダのシミュレーションを実行する場合に用いて好適な情報処理装置、および情報処理方法、並びにプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、自動運転を実現する自動運転システムの安全性等を評価検証するために、現実車両を走行させて実施する走行試験（以下、現実走行試験と称する）に加えて、自動運転システムをシミュレートしたシステム上で仮想的に実施する走行試験（以下、仮想走行試験と称する）が行われている。

[0003] ここで、自動運転システムは、例えば、知覚ステップ、認識ステップ、判断ステップ、操作ステップを含む処理を実行する。知覚ステップは、例えば、車両の周囲の状況を知覚するステップである。認識ステップは、例えば、車両の周囲の状況を具体的に認識するステップである。判断ステップは、例えば、車両の周囲の状況を認識した結果に基づいて、各種の判断を実行するステップである。操作ステップは、例えば、各種の判断に基づいて、車両の自動操作を実行するステップである。なお、知覚ステップと認識ステップは、例えば、認知ステップとして1つにまとめられる場合がある。

[0004] このうち、知覚ステップにおいては、車両の周囲の状況をセンシングする各種のセンサが用いられ、各種センサのセンシング結果が、車両の周辺の状態を示す情報として利用される。

[0005] ここで、知覚ステップにおいて用いられるセンサとしては、イメージセンサ、ミリ波レーダ、LiDAR（Light Detection and Ranging）などが含まれ、それぞれのセンシング結果がモデル化されてシミュレートが実現される。

[0006] 例えば、ミリ波レーダのセンシング結果について、多重反射に起因して生じるゴーストをモデル化してシミュレーションする技術が提案されている（特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2020-143920号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、シミュレーションによる仮想走行試験においては、様々な環境に対応するモデルが必要となる。

[0009] しかしながら、特許文献1に記載の技術では、他車に装着されたミリ波レーダからの干渉信号がモデル化されていないので、現実には十分なシミュレーションが実現されているのか確認することができない。

[0010] 本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、特に、ミリ波レーダのシミュレーションにおいて、干渉信号をモデル化することで、現実には高精度なシミュレーションを実現できるようにする。

課題を解決するための手段

[0011] 本開示の一側面の情報処理装置およびプログラムは、シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部と、シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択する選択部と、前記選択部により選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するレーダモデルとを備える情報処理装置およびプログラムである。

[0012] 本開示の一側面の情報処理方法は、シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部を備えた情報処理装置の情報処理方法であって、シミュレーションシナリオに基づいて、前

記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択し、選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するステップを含む情報処理方法である。

[0013] 本開示の一側面においては、シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルが記憶され、シミュレーションシナリオに基づいて、記憶された前記電波干渉モデルが選択され、選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データが生成される。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]ミリ波レーダの構成例を説明する図である。

[図2]ミリ波レーダの対象物体の距離の測定原理を説明する図である。

[図3]ミリ波レーダの対象物体の速度の測定原理を説明する図である。

[図4]ミリ波レーダの対象物体の方向の測定原理を説明する図である。

[図5]自車が前走車を追走している、干渉信号がないときのシナリオを説明する図である。

[図6]図5のシナリオにおける送信信号および受信信号、並びに送信信号と受信信号が混合されることで生成されるIF信号を説明する図である。

[図7]自車が前走車を追走し、さらに、対向車が存在する、干渉信号があるときのシナリオを説明する図である。

[図8]図7において、対向車が自車と異なる機種ミリ波レーダから、異なるチャープ変調の傾きとなる送信信号を干渉信号として照射するときのシナリオにおける送信信号および受信信号を説明する図である。

[図9]図7において、対向車が自車と同一機種ミリ波レーダから、同一のチャープ変調の傾きとなる送信信号を干渉信号として照射するときのシナリオにおける送信信号および受信信号を説明する図である。

[図10]図7において、対向車が自車と変調方式が異なる送信信号を干渉信号として照射する機種ミリ波レーダを備えているときのシナリオにおける送信信号および受信信号を説明する図である。

[図11]トンネル内において、自車が前走車を追走し、さらに、対向車が存在する、干渉信号があるときのシナリオを説明する図である。

[図12]図 1 1 において、対向車が自車と異なる機種のみリ波レーダから、異なるチャープ変調の傾きとなる送信信号を干渉信号として照射するときのシナリオにおける送信信号および受信信号を説明する図である。

[図13]図 1 1 において、対向車が自車と同一機種のみリ波レーダから、同一のチャープ変調の傾きとなる送信信号を干渉信号として照射するときのシナリオにおける送信信号および受信信号を説明する図である。

[図14]図 1 1 において、対向車が自車と変調方式が異なる送信信号を干渉信号として照射する機種のみリ波レーダを備えているときのシナリオにおける送信信号および受信信号を説明する図である。

[図15]本開示の自動運転シミュレータの構成例を示すブロック図である。

[図16]図 1 5 のレンダリングモデルの構成例を示すブロック図である。

[図17]図 1 5 のみリ波レーダモデルの構成例を示すブロック図である。

[図18]自動運転シミュレーション処理を説明するフローチャートである。

[図19]図 1 8 のレンダリングステップ処理を説明するフローチャートである。
。

[図20]図 1 8 の知覚ステップ処理を説明するフローチャートである。

[図21]図 2 0 のみリ波レーダステップ処理を説明するフローチャートである。
。

[図22]汎用のコンピュータの構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0016] 以下、本技術を実施するための形態について説明する。説明は以下の順序で行う。

1. ミリ波レーダの動作原理について
2. 干渉信号モデルとシミュレーションシナリオ
3. シミュレーションシナリオと干渉信号モデルの応用例
4. 好適な実施の形態
5. ソフトウェアにより実行させる例

[0017] <<1. ミリ波レーダの動作原理について>>

本開示は、ミリ波レーダのシミュレーションにおいて、干渉信号をモデル化することで、現実には高精度なシミュレーションを実現できるようにするものである。

[0018] 本開示の説明に当たり、図1乃至図4を参照して、ミリ波レーダの動作原理について説明する。

[0019] 図1は、ミリ波レーダを搭載した車両の構成例を説明する図であり、図2は、ミリ波レーダによる対象物の測距原理を説明する図であり、図3は、ミリ波レーダによる対象物の速度を計測する原理を説明する図であり、図4は、ミリ波レーダによる測距対象となる物体の方向を計測する原理を説明する図である。

[0020] 図1の車両11-1, 11-2は、例えば、ミリ波レーダ21の検出結果に基づいて自動運転を実現する。図1では、車両11-1, 11-2が、それぞれ図中の左方向に向かって走行している例を示している。ここで、車両11-1については、図中において方形状の枠のみであるが、外形は、車両11-2と同様のものである。

[0021] 車両11-1, 11-2は、それぞれミリ波レーダ21を搭載している。ミリ波レーダ21は、走行する前方の所定の検出範囲に存在する物体の距離、速度、および方向を検出する。尚、図1においては、車両11-1に搭載されたミリ波レーダ21が、測距対象である前走車である車両11-2までの距離、速度、および方向を測定する。車両11-1は、例えば、ミリ波レーダ21の測定結果である検出範囲内に存在する、前走車である車両11-2までの距離、速度、および方向に基づいて、自動運転を実現する。

- [0022] より詳細には、ミリ波レーダ21は、信号発生器31、送信アンテナ32、受信アンテナ33、ミキサ34、ADC35、および信号処理部36を備えている。
- [0023] 信号発生器31は、所定のレートで周波数を変化させる変調、いわゆる、チャープ変調を加えたミリ波帯の送信信号 S_i を発生し、送信アンテナ32、およびミキサ34に出力する。
- [0024] 送信アンテナ32は、信号発生器31より供給されるミリ波帯の送信信号 S_i に基づいて、ミリ波帯の送信波 S_t を、車両11-2等の物体の検出範囲となる方向に対して照射する。
- [0025] このとき、例えば、検出範囲内に測距対象となる車両11-2が存在すると、送信波 S_t が車両11-2により反射されることにより、車両11-1に向けた反射波 S_r が発生する。
- [0026] 受信アンテナ33は、測距対象となる車両11-2からの反射波 S_r を受信して、受信信号 S_r' としてミキサ34に供給する。
- [0027] ミキサ34は、送信信号 S_i と受信信号 S_r' とをミキシング（混合）し、送信信号 S_i と受信信号 S_r' との両者の周波数の差信号 S_m を生成してADC35に出力する。
- [0028] この差信号 S_m は、図2の左部における送信信号 S_i の波形 W_t と、受信信号 S_r' の波形 W_r との周波数の差分に相当する信号である。尚、図2は、横軸が時間であり、縦軸が周波数であり、波形 W_t 、 W_r は、それぞれ送信信号 S_i と受信信号 S_r' の時間経過に伴った周波数の変化を示す波形である。
- [0029] ここで、送信信号 S_i の波形 W_t と、受信信号 S_r' の波形 W_r との周波数の差の差信号 S_m は、IF（Intermediate Frequency）信号と呼ばれ、周波数差となるIF周波数、または、ビート周波数からなり、例えば、図2で示される波形 W_d で表される。IF（Intermediate Frequency）周波数、または、ビート周波数は、測距対象となる車両11-2までの距離が一定であるとき、図2の右部で示されるように、時間方向の変化がない一定の波形とな

る。

[0030] I F 周波数、または、ビート周波数からなる波形 W_d で表される I F 信号は、測距対象である車両 11-2 までの距離の 2 倍の距離に応じた周波数であり、車両 11-2 までの距離が近い程、周波数が小さく、逆に、車両 11-2 までの距離が遠い程、周波数が大きくなる。

[0031] ADC (Analog Digital Converter) 35 は、アナログ信号からなる差信号 S_m である I F 信号を、デジタル信号からなる I F 信号 S_o に変換して信号処理部 36 に出力する。

[0032] 信号処理部 36 は、デジタル信号に変換された I F 信号の I F 周波数、またはビート周波数に基づいて、測距対象となる車両 11-2 の距離、速度、および方向を測定する。

[0033] 尚、点線で囲まれた受信アンテナ 33 は、位置を変えて複数に設けられており、対応してミキサ 34、および ADC 35 についても複数に設けられている。複数の受信アンテナ 33 乃至 ADC 35 は、それぞれ、受信アンテナ 33 により受信された反射波 S_r に対応する受信信号 $S_{r'}$ と送信信号 S_i との差周波数となる I F 周波数、または、ビート周波数からなる I F 信号を生成し、デジタル信号に変換して信号処理部 36 に出力する。

[0034] このように、信号処理部 36 は、複数の受信アンテナ 33 乃至 ADC 35 のそれぞれについて、1 回のチャープ変調で得られる I F 信号により測距対象となる車両 11-2 までの距離を求める。

[0035] また、図 3 で示されるように、チャープ変調による送信信号 S_i からなる送信波 S_t の照射と、反射波 S_r を受信して受信信号 $S_{r'}$ を取得して、I F 信号を求める処理を高速で繰り返す場合、測距対象である車両 11-2 と車両 11-1 との相対速度がゼロであるときには、I F 信号の I F 周波数（ビート周波数）は変化しないが、図 3 の最下段で示されるように、車両 11-1 と車両 11-2 の相対速度に応じて位相が変化する。

[0036] この I F 周波数（ビート周波数）の位相変化の速さは、車両 11-2 との相対速度に応じたものとなる。そこで、信号処理部 36 は、このときの位相

変化の速さに応じて車両 11-2 との相対速度を計測する。

[0037] この場合、IF 信号の位相変化が高速である程、車両 11-2 との相対速度は大きく、逆に、IF 信号の位相変化が低速である程、車両 11-2 との相対速度は小さい。

[0038] このように、信号処理部 36 は、高速でチャープ変調を繰り返すことで受信される反射波 S_r の位相変化に基づいて、測距対象となる車両 11-2 との相対速度を計測する。

[0039] さらに、受信アンテナ 33 が、図 4 で示されるように、受信アンテナ 33-0 乃至 33-3 の 4 本からなり、それぞれが水平方向（X 方向）に所定の間隔 d で配置されている場合、一点鎖線の波形で示される反射波 S_r が所定の入射角度 θ で受信されるときについて考える。

[0040] このとき、受信アンテナ 33-1 乃至 33-3 のそれぞれで受信される反射波 S_r は、受信アンテナ 33-0 に対して、それぞれ入射角度 θ の距離 τ_1 乃至 τ_3 に応じた遅延が発生し、遅延に応じた位相差が生じる。ここで、測距対象となる車両 11-2 からの反射波 S_r の入射角度が大きい程、位相差が大きくなる。

[0041] このように、信号処理部 36 は、複数の受信アンテナ 33 により受信されるそれぞれの反射波 S_r の位相変化に基づいて、測距対象となる車両 11-2 の方向を計測する。

[0042] <<2. 干渉信号モデルとシミュレーションシナリオ>>

（干渉信号の例）

次に、ミリ波レーダを用いた対象物体までの距離、速度、および方向のそれぞれの測定において、発生する干渉信号について説明する。

[0043] 例えば、図 5 で示されるように、車両 101-1, 101-2 が、図中の右方向に向かって走行しており、少なくとも車両 101-1 にミリ波レーダが搭載されている状況を想定する。

[0044] ここで、車両 101 が仮想走行試験をする際に、仮想的な空間内における車両 101 の周囲の走行環境を表現するものをシミュレーションシナリオ、

または、単に、シナリオと称する。

[0045] 図5で表現されるシナリオにおいては、車両101-1に搭載されたミリ波レーダが、前方に向かって、上述した送信信号 S_i からなる、図中の実線で示される送信波 S_t を照射すると、送信波 S_t が、前走車である車両101-2により一点鎖線で示される反射波 S_r として反射される。

[0046] すなわち、図5で表現されるシナリオにおいて、車両101のミリ波レーダは、反射波 S_r を受信し、受信した反射波 S_r に基づいた受信信号 $S_{r'}$ と、送信信号 S_i とに基づいて差信号 S_m であるIF信号を求め、IF信号のIF周波数（またはビート周波数）に基づいて、前走車である車両101-2までの距離を測定する。

[0047] すなわち、図5のシナリオにおいては、上述したように、車両101-1のミリ波レーダが、送信信号 S_i からなる送信波 S_t と、受信信号 $S_{r'}$ からなる反射波 S_r とを、それぞれ図6の左部の波形 W_t 、 W_r として取得することになる。このため、波形 W_t 、 W_r の差信号の周波数であるIF信号のIF周波数（ビート周波数）は、図6の左部で示される波形 W_d として求められ、波形 W_d で表現されるIF周波数に基づいて、車両101-2までの距離が測定される。

[0048] すなわち、図5のシナリオに対しては、図6の左部で示されるような波形 W_t 、 W_r が取得されることで、車両101-1においては、適切に測距対象となる車両101-2の距離、速度、および方向を検出することができる。

[0049] 尚、以降において、所定のシナリオに対して、基準となる車両101-1において、車両101-2の測距に用いられる、波形 W_r で表現されるような受信信号 $S_{r'}$ 等を、シナリオに基づいて設定される信号モデルとも称する。

[0050] すなわち、図5のシナリオに対しては、基準となる車両101-1において、車両101-2の距離の測定に用いられる波形 W_r の受信信号 $S_{r'}$ が信号モデルとして設定され、この信号モデルとして設定される波形 W_r の受信信号 $S_{r'}$ に基づいて車両101-2までの距離を測定することができる。

。

[0051] しかしながら、現実には、車両 101-1 は様々な環境を走行することが想定されるので、様々なシナリオが考えられる。

[0052] 例えば、図 7 で示されるように、車両 101-1 が走行する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両 111 が存在するようなシナリオが考えられる。

[0053] 図 7 のシナリオにおいては、車両 101-1 のミリ波レーダは、車両 101-2 からの反射波 S_r に加えて、車両 111 より照射される送信波 S_{f1} を干渉信号として受信することになる。

[0054] ここで、対向車である車両 111 に搭載される他のミリ波レーダが、車両 101-1 に搭載されるミリ波レーダとは異なる機種であり、例えば、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きが異なる送信信号 S_i に基づいた送信波 S_{f1} を照射している場合について考える。

[0055] このシナリオの場合、車両 101-1 のミリ波レーダは、車両 101-2 からの反射波 S_r に基づいた波形 W_r で表現される受信信号 $S_{r'}$ に加えて、例えば、車両 111 のミリ波レーダからの送信波 S_{f1} に対応する、図 8 で示されるような波形 W_{f1-1} で示されるような信号を干渉信号として受信する。

[0056] 上述したように、本来、波形 W_r で表現される信号モデルに基づいて、送信信号 S_i からなる波形 W_t と波形 W_r とが混合されることで求められる IF 信号の IF 周波数（ビート周波数）に基づいて、車両 101-1 から車両 101-2 までの距離が測定される。

[0057] しかしながら、上述した図 7、図 8 で規定される走行環境を表現するシナリオでは、波形 W_r の受信信号に対して、図 8 の波形 W_{f1-1} で表現される干渉信号も、送信信号 S_i からなる波形 W_t と混合されることになるので、IF 周波数にも誤差が生じてしまう恐れがあり、車両 101-1 から車両 101-2 までの距離の測定精度を低下させてしまう恐れがある。

[0058] すなわち、図 8 の例では、車両 111 に搭載されるミリ波レーダから照射

される送信波 S_{f1} の送信信号を表現する波形 W_{f1-1} のチャープ変調における傾きが、車両 $101-1$ に搭載されるミリ波レーダから照射される送信波 S_t の送信信号 S_i を表現する波形 W_t の傾きと異なる場合の例が示されている。

[0059] 図7で示されるように、車両 $101-1$ が走行する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両 111 が存在するような状況であって、車両 111 に搭載される他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと異なる送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況を1つシナリオと考える。

[0060] このシナリオの場合、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図8の波形 W_{f1-1} で示されるような干渉信号を受信する信号モデルが設定されることになる。

[0061] このように、1つのシナリオに設定される信号モデルのうち、特に干渉信号を受信する信号モデルを干渉信号モデルと称する。

[0062] 以降において、図7で示されるように、車両 101 が走行する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両 111 が存在するような状況であって、他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと異なる傾きの送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況からなるシナリオを第1のシナリオと称する。

[0063] また、第1のシナリオに対して設定された、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図8の波形 W_{f1-1} で示されるような干渉信号を含む干渉信号モデルを、第1の干渉信号モデルと称する。

[0064] 尚、図8の例においては、チャープ変調における傾きが異なる干渉信号が混入してしまう例が示されているが、波形 W_t が、線形的に変化するチャープ変調の波形であるのに対して、非線形に変調する波形からなる干渉信号が受信されるような干渉信号モデルや、階段状に変調する波形からなる干渉信号等が受信されるような干渉信号モデルも考えられる。

[0065] また、シナリオにおいて設定される、照射される送信波を構成する送信信

号の変調のバリエーションについては、例えば、CW (Continuous Wave) , FM CW (Frequency Modulated Continuous Wave) 、PMCW (Phase Modulated Continuous Wave) 、パルス波形、レベル、および変調の有無などでもよい。

[0066] さらに、シナリオにおいて設定される、照射される送信波を構成する送信信号のバリエーションについては、変調以外のバリエーションでもよく、例えば、アンテナ偏波（垂直、水平、斜め、円、種類と角度）をバリエーションに加えるようにしてもよい。

[0067] また、以上においては、仮想的な走行環境における空間的が特定される情報と、ミリ波レーダが同一の機種であるか否か、同一の変調方式であるか否か、同一のアンテナ偏波であるか否かなど、ミリ波レーダの送信波を規定する情報とで、シナリオを設定する例について説明してきたが、それ以外の情報で設定するようにしてもよく、例えば、ミリ波レーダの機種を特定する情報などでシナリオを設定するようにしてもよい。

[0068] 例えば、車種毎にある程度搭載されるミリ波レーダの機種は特定されるので、走行する仮想空間における周囲に存在する車両の車種でシナリオを設定するようにしてもよい。この場合、車種を特定することで、実質的にミリ波レーダの機種や送信波の変調方式やアンテナ偏波等の種別を特定することができる。

[0069] また、シナリオと干渉信号モデルとは、相互に対応するものであることを前提とする。このため、所定の干渉信号モデルが設定されるとき、基本的には、対応するシナリオも設定されることになり、逆に、シナリオが設定されるとき、基本的には、対応する干渉信号モデルが設定される。ただし、異なるシナリオでも、同一の干渉信号モデルとなることはあるため、相互の対応が必ずしも1対1となるわけではない。

[0070] さらに、例えば、図7の車両111に搭載されるミリ波レーダが、車両101-1に搭載されるミリ波レーダと同一の機種であり、照射される送信波 S_f1 と反射波 S_r の送信信号が同一であるようなシナリオも考えられる。

[0071] このような場合、車両101-1のミリ波レーダにおいては、図9で示さ

れるように、波形 W_r で示される信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する波形 W_{f1-2} で示されるような波形の干渉信号も受信されることになる。

[0072] すなわち、図9においては、波形 W_t と同一のチャープ変調の傾きの波形からなる波形 W_{f1-2} の干渉信号が、波形 W_r で示される信号に加えて混合される。

[0073] 図7で示されるように、車両101-1が車両101-2に追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載される他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと同一の送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況を1つシナリオと考える。

[0074] このシナリオの場合、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図9の波形 W_{f1-2} で示されるような干渉信号を受信する干渉信号モデルが設定されることになる。

[0075] 以降において、図7で示されるように、車両101-1が車両101-2に追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載される他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと同一の送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況からなるシナリオを第2のシナリオと称する。

[0076] また、第2のシナリオに対して設定された、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図9の波形 W_{f1-2} で示されるような干渉信号を受信する干渉信号モデルを、第2の干渉信号モデルと称する。

[0077] さらに、例えば、図7の車両111に搭載されるミリ波レーダが、車両101に搭載されるミリ波レーダとは異なり、チャープ変調がない送信波 S_{f1} を照射するようなシナリオも考えられる。

[0078] このシナリオの場合、車両101-1のミリ波レーダにおいては、図10で示されるように、波形 W_r で示される信号に加えて、波形 W_{f1-3} で示されるような波形の干渉信号も受信されることになる。

- [0079] すなわち、図10においては、所定の周波数の波形からなる、チャープ変調のない波形 W_{f1-3} の干渉信号が、波形 W_r で示される信号に加えて受信される。
- [0080] 図7で示されるように、車両101-1が車両101-2に追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載される他のミリ波レーダが、チャープ変調のない送信波 S_{f1} を照射している状況も1つシナリオと考える。
- [0081] このシナリオの場合、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図10の波形 W_{f1-3} で示されるような干渉信号を含む干渉信号モデルが設定されることになる。
- [0082] 以降において、図7で示されるように、車両101が車両101-2に追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載される他のミリ波レーダが、チャープ変調のない送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況からなるシナリオを第3のシナリオと称する。
- [0083] また、第3のシナリオに対して設定された、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図10の波形 W_{f1-3} で示されるような干渉信号を含む干渉信号モデルを、第3の干渉信号モデルと称する。
- [0084] 本開示においては、上述した様々な干渉信号が発生する状況をシナリオとして設定し、シナリオ毎に設定される干渉信号モデルに基づいて、ミリ波レーダモデルを生成し、生成したミリ波レーダモデルによる自動運転シミュレーションを実行する。
- [0085] これにより、現実想定される走行状況を様々なシナリオとして設定することで、様々な干渉信号モデルに基づいたミリ波モデルを構築することが可能となり、現実と則した高精度な自動運転シミュレーションを実現することが可能となる。
- [0086] <<3. シミュレーションシナリオと干渉信号モデルの応用例>>
以上においては、ミリ波レーダが、干渉信号を発生させる送信波を、送信

元となる対向車などの他のミリ波レーダから直接受信する場合について説明してきたが、測距対象とは異なる他の物体から反射して間接的に受信する場合を想定してもよい。

[0087] 図11は、図7を参照して説明したように、車両101-1が、前走車である車両101-2と共に、図中右方向に走行すると共に、対向車線を図中左方向に車両101-1に対して対向しながら車両111が走行する状況がトンネル131内であるときのシナリオの例を示している。

[0088] 図11で示されるシナリオにおいては、車両101のミリ波レーダは、車両102からの反射波 S_r に加えて、車両111より照射される送信波 S_{f1} を直接的に受信すると共に、車両111より照射された送信波 S_{f1} のうち、トンネル131の壁131 r で反射した反射波 S_{f1}' を間接的に受信することになる。

[0089] ここで、対向車である車両111に搭載される他のミリ波レーダが、車両101に搭載されるミリ波レーダとは異なる機種であり、例えば、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと異なる送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している場合について考える。

[0090] この場合、車両101-1のミリ波レーダは、図12で示されるように、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、例えば、送信波 S_{f1} に対応する、波形 W_{f1-1} で示されるような干渉信号と、さらに、反射波 S_{f1}' に対応する波形 $W_{f1'-1}$ を受信する。

[0091] 上述したように、本来、波形 W_t 、 W_r で表現される信号が混合されることでIF信号が求められ、求められたIF信号のIF周波数（ビート周波数）に基づいて、車両101-1から車両101-2までの測距がなされる。

[0092] しかしながら、ここでは、波形 W_r の受信信号に対して、図12の送信波 S_{f1} に対応する波形 W_{f1-1} で表現される干渉信号と、反射波 S_{f1}' に対応する波形 $W_{f1'-1}$ とが混合されることになるので、生成されるIF信号におけるIF周波数（ビート周波数）にも誤差が生じてしまい、測定される車両101-1から車両101-2までの距離の精度を低下させてし

もう恐れがある。

[0093] すなわち、図12の例では、車両111に搭載されるミリ波レーダから照射される送信波 S_{f1} の送信信号を表現する波形 W_{f1-1} のチャープ変調における傾きが、車両101-1に搭載されるミリ波レーダより照射される送信波 S_t の送信信号 S_i を表現する波形 W_t の傾きと異なる場合の例が示されている。

[0094] 尚、車両101-1において受信される反射波 $S_{f1'}$ は、トンネル131の壁131_rを経由して車両101-1に到達するので、送信波 S_{f1} よりも経路が長いため、対応する受信信号からなる波形 $W_{f1'-1}$ は、波形 W_{f1-1} より遅延したタイミングで受信される。

[0095] 図11で示されるように、トンネル131内で車両101-1が車両101-2を追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載された他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと異なる送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況を1つシナリオと考えることができる。

[0096] 図11のシナリオの場合、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する図12の波形 W_{f1-1} で示される干渉信号と、反射波 $S_{f1'}$ に対応する図12の波形 $W_{f1'-1}$ で示されるような干渉信号とを受信する干渉信号モデルが設定されることになる。

[0097] 以降において、図11で示されるように、トンネル131内を車両101-1が車両101-2を追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載された他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと異なる傾きの送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況からなるシナリオを第4のシナリオと称する。

[0098] また、第4のシナリオに対して設定された、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する図12の波形 W_{f1-1} 、および反射波 $S_{f1'}$ に対応する図12の波形 $W_{f1'-1}$ でそれぞれ示されるような

干渉信号を含む干渉信号モデルを、第4の干渉信号モデルと称する。

[0099] さらに、例えば、図11の車両111に搭載されるミリ波レーダが、車両101に搭載されるミリ波レーダと同一の機種であり、照射される送信波 S_{f1} と送信波 S_t の送信信号が同一であるようなシナリオも考えられる。

[0100] このような場合、車両101のミリ波レーダにおいては、図13で示されるように、波形 W_t 、 W_r で示される信号に加えて、直接的に受信される送信波 S_{f1} に対応する波形 W_{f1-2} 、および間接的に受信される反射波 $S_{f1'}$ に対応する波形 $W_{f1'-2}$ で示されるような波形の干渉信号も受信されることになる。

[0101] すなわち、図13においては、波形 W_t と同一の傾きの波形からなる波形 W_{f1-2} 、 $W_{f1'-2}$ の干渉信号が、波形 W_r で示される信号に加えて受信される。

[0102] 図11で示されるように、トンネル131内を車両101-1が車両101-2を追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載された他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと同一の送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況を1つシナリオと考える。

[0103] このシナリオの場合、波形 W_r で表現される受信信号に加えて、送信波 S_{f1} に対応する、図13の波形 W_{f1-2} 、および反射波 $S_{f1'}$ に対応する、図13の波形 $W_{f1'-2}$ で示されるような干渉信号を受信する干渉信号モデルが設定されることになる。

[0104] 以降において、図11で示されるように、トンネル131内を車両101-1が車両101-2を追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載された他のミリ波レーダが、送信信号 S_i のチャープ変調の傾きと同一の送信信号に基づいた送信波 S_{f1} を照射している状況からなるシナリオを第5のシナリオと称する。

[0105] また、第5のシナリオに対して設定された、波形 W_r で表現される受信信

号に加えて、送信波 $S f 1$ および反射波 $S f 1'$ に対応する、図13の波形 $W f 1 - 2$ および $W f 1' - 2$ で示されるような干渉信号を受信する干渉信号モデルを、第5の干渉信号モデルと称する。

[0106] さらに、例えば、図11の車両111に搭載されるミリ波レーダが、車両101-1に搭載されるミリ波レーダとは異なり、チャープ変調がない送信波 $S f 1$ を照射するようなシナリオも考えられる。

[0107] このシナリオの場合、車両101-1のミリ波レーダにおいては、図14で示されるように、波形 $W r$ で示される信号に加えて、波形 $W f 1 - 3$ 、 $W f 1' - 3$ で示されるような波形の干渉信号も受信されることになる。

[0108] すなわち、図14においては、所定の周波数の波形からなる送信波 $S f 1$ に対応する波形 $W f 1 - 3$ 、および反射波 $S f 1'$ に対応する波形 $W f 1' - 3$ の干渉信号が、波形 $W r$ で示される信号に加えて受信される。

[0109] 図11で示されるように、トンネル131内を車両101-1が車両101-2を追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載された他のミリ波レーダが、チャープ変調のない送信波 $S f 1$ を照射している状況も1つシナリオと考える。

[0110] このシナリオの場合、波形 $W r$ で表現される受信信号に加えて、送信波 $S f 1$ に対応する、図14の波形 $W f 1 - 3$ 、 $W f 1' - 3$ で示されるような干渉信号を含む干渉信号モデルが設定されることになる。

[0111] 以降において、図11で示されるように、トンネル131内を車両101-1が車両101-2を追走する際に、他のミリ波レーダを搭載した対向車となる車両111が存在するような状況であって、車両111に搭載された他のミリ波レーダが、チャープ変調のない送信信号に基づいた送信波 $S f 1$ を照射している状況からなるシナリオを第6のシナリオと称する。

[0112] また、第6のシナリオに対して設定された、波形 $W r$ で表現される受信信号に加えて、送信波 $S f 1$ に対応する、図14の波形 $W f 1 - 3$ 、および反射波 $S f 1'$ に対応する、図14の波形 $W f 1' - 3$ で示されるような干渉

信号を含む干渉信号モデルを、第6の干渉信号モデルと称する。

[0113] 本開示においては、上述したシナリオと、シナリオに対応して設定される干渉信号モデルとを予め記憶しておき、自動運転シミュレーションが実行される際には、車両が走行する際に想定される走行環境に応じたシナリオを読み出し、読み出されたシナリオに対応する干渉信号モデルに基づいてミリ波レーダモデルを構築することにより、自動運転における、ミリ波レーダのシミュレーションが実行されるようにする。

[0114] これまでは、送信信号や受信信号の数や方向を調整するパラメータを様々に変化させることで疑似的に様々な走行状態を構築してシミュレーションしていたが、パラメータを様々に変化させることで、構築される走行環境は、現実には存在しない走行環境も構築される恐れがあり、結果として、現実には存在する走行環境におけるシミュレーションが十分にできない可能性があった。

[0115] しかしながら、本開示においては、現実には起こり得る状況をシナリオとして設定し、シナリオに応じた干渉信号モデルが設定されて、シミュレーションを繰り返すことが可能となるので、現実には即した走行環境を高度に再現してシミュレーションを実現することが可能となる。

[0116] また、仮に、現実には起こり得ないような状況についてシミュレーションが必要であったとしても、現実には起こり得ないが、シミュレーションが必要とされるシナリオを設定し、対応する干渉信号モデルを設定することで、適切にシミュレーションを実現することが可能となる。

[0117] <<4. 好適な実施の形態>>

<自動運転シミュレータの構成例>

次に、図15を参照して、本開示の技術を適用した自動運転シミュレータについて説明する。

[0118] 図15の自動運転シミュレータ201は、自動運転を実現する自動運転システムのシミュレーションを実行し、自動運転システムの安全性等を評価検証するシステムである。自動運転シミュレータ201は、走行環境—電磁波

伝搬－センサモデル 2 1 1 及び自動運転モデル 2 1 2 を備える。

[0119] 走行環境－電磁波伝搬－センサモデル 2 1 1 は、レンダリングモデル 2 2 1、知覚モデル 2 2 2、及び、認識モデル 2 2 3 を備える。

[0120] レンダリングモデル 2 2 1 は、仮想走行試験において車両が走行する環境をシミュレートし、シミュレートした環境において車両が備える各種のセンサに伝播される電磁波（例えば、可視光、赤外光、電波等）をシミュレートするモデルである。

[0121] 例えば、レンダリングモデル 2 2 1 は、仮想走行試験の対象となる車両の 3 D モデル、各種の物体の特性、及び、仮想走行試験のシナリオ等に基づいて、車両が走行する環境をシミュレートする。物体の特性は、例えば、種類、サイズ、形状、テクスチャ（表面特性）、反射特性等を含む。仮想走行試験のシナリオは、例えば、車両が走行するルート、及び、ルート上の車両の周囲の仮想空間の状況を含む。仮想空間の状況は、例えば、各種の物体（人を含む）の位置及び動き、時間帯、天候、路面の状態等を含む。

[0122] レンダリングモデル 2 2 1 は、シミュレートした環境において、車両の周囲の仮想空間から車両が備える各種のセンサに伝播する電磁波をシミュレートする。この電磁波には、知覚モデル 2 2 2 から車両の周囲に仮想的に出射される電磁波に対する反射波（例えば、ミリ波レーダの反射波等）も含まれる。レンダリングモデル 2 2 1 は、シミュレートした電磁波を示すデータを含むレンダリングデータを知覚モデル 2 2 2 に供給する。

[0123] レンダリングモデル 2 2 1 は、例えば、ミリ波レーダについては、予めシナリオに応じて設定される車両の周囲の仮想空間から伝搬されるミリ波をシミュレートし、シナリオと対応付けて記憶する。そして、以降においては、レンダリングモデル 2 2 1 は、シナリオに対応した干渉信号モデルを読み出し、シミュレートした電磁波を示すデータとして干渉信号モデルを出力する。

[0124] 知覚モデル 2 2 2 は、自動運転システムの知覚ステップをシミュレートするモデルである。例えば、知覚モデル 2 2 2 は、レンダリングモデル 2 2 1

によりシミュレートされた電磁波に基づいて、各種のセンサにより車両の周囲の状況（例えば、周囲の物体）を知覚する知覚処理をシミュレートする。知覚モデル 222 は、車両の周囲の状況を知覚した結果を示す知覚データを生成し、認識モデル 223 に供給する。

[0125] 知覚モデル 222 は、例えば、車両が備えるセンサであって、電磁波により物体を知覚するセンサにそれぞれ対応するモデルを備える。例えば、知覚モデル 222 は、イメージャモデル 231、ミリ波レーダモデル 232、及び、L i D A R（Light Detection and Ranging）モデル 233 等を備える。尚、知覚モデル 222 は、例えば、イメージャモデル 231、ミリ波レーダモデル 232、及び、L i D A R モデル 233 以外のモデルも備えることを想定した構成とするが、以降においては、イメージャモデル 231、ミリ波レーダモデル 232、及び、L i D A R モデル 233 から構成されることを前提として説明を進めるものとする。

[0126] イメージャモデル 231 は、車両が備えるイメージャ（画像センサ）のシミュレーションを実行するモデルである。例えば、イメージャモデル 231 は、レンダリングモデル 221 によりシミュレートされた電磁波に含まれる光（入射光）に基づいて、車両の周囲の仮想空間を撮影した撮影画像（以下、仮想撮影画像と称する）を生成する。イメージャモデル 231 は、知覚データの種類であり、仮想撮影画像に対応する仮想撮影画像データを認識モデル 223 に供給する。

[0127] ミリ波レーダモデル 232 は、車両が備えるミリ波レーダのシミュレーションを実行するモデルである。ミリ波レーダモデル 232 は、例えば、車両の周囲の所定の範囲内にミリ波信号を送信波として送信し、その反射波を受信し、送信波及び受信波を混合した I F（中間周波数）信号を生成する処理をシミュレートする。ミリ波レーダモデル 232 は、知覚データの種類である I F 信号（以下、仮想 I F 信号と称する）を認識モデル 223 に供給する。

[0128] より詳細には、ミリ波レーダモデル 232 は、レンダリングモデル 221

より供給されるミリ波レーダに伝搬するミリ波信号からなる電磁波のシミュレート結果として、シナリオに応じて設定された干渉信号モデルを取得し、干渉信号モデルに基づいた受信波と、送信波とを混合したＩＦ（中間周波数）信号を生成する処理をシミュレートする。

[0129] ＬｉＤＡＲモデル２３３は、車両が備えるＬｉＤＡＲのシミュレーションを実行するモデルである。ＬｉＤＡＲモデル２３３は、例えば、車両の周囲の所定の範囲内にレーザ光を照射し、その反射光を受信し、反射光に基づいて点群データを生成する処理をシミュレートする。ＬｉＤＡＲモデル２３３は、知覚データ的一种である点群データ（以下、仮想点群データと称する）を認識モデル２２３に供給する。

[0130] 認識モデル２２３は、自動運転システムの認識ステップをシミュレートするモデルである。例えば、認識モデル２２３は、仮想画像データ、仮想ＩＦ信号、及び、仮想点群データ等に基づいて、車両の周囲の状況を認識する処理をシミュレートする。例えば、認識モデル２２３は、車両の周囲の各種の物体（人を含む）の種類、位置、大きさ、形状、動き等を認識する。認識モデル２２３は、認識結果を示すデータ（以下、仮想認識データと称する）を自動運転モデル１１２に供給する。

[0131] なお、認識モデル２２３は、センサ毎の知覚データに基づいて、個別に認識処理を実行し、センサ毎の仮想認識データを生成してもよいし、センサ毎の知覚データのフュージョン（センサフュージョン）を実行し、フュージョンした知覚データに基づいて認識処理を実行するようにしてもよい。

[0132] 自動運転モデル２１２は、自動運転システムの判断ステップ及び操作ステップをシミュレートするモデルである。例えば、自動運転モデル２１２は、仮想認識データに基づいて、車両の周囲の状況を判断し、車両が遭遇するリスクを予測する処理をシミュレートする。例えば、自動運転モデル２１２は、計画されているルート、及び、予測したリスク等に基づいて、走行経路等の行動計画を作成する処理をシミュレートする。例えば、自動運転モデル２１２は、作成した行動計画に基づいて、車両の自動操作を実行する処理をシ

ミュレートする。

[0133] 自動運転モデル 2 1 2 は、車両の仮想的な状況を示す情報をレンダリングモデル 2 2 1 にフィードバックする。車両の仮想的な状況は、例えば、車両の走行状態（例えば、速度、方向、ブレーキ等）、及び、車両の走行位置等を含む。

[0134] なお、自動運転モデル 2 1 2 は、例えば、認識モデル 2 2 3 から供給される仮想認識データがセンサの種類毎に分かれている場合、各仮想認識データにより示される認識結果のフュージョン（センサフュージョン）を実行する。

[0135] <レンダリングモデルの構成例>

次に、図 1 6 を参照して、レンダリングモデル 2 2 1 の構成例について説明する。

[0136] レンダリングモデル 2 2 1 は、シナリオ選択部 2 5 1、環境シミュレータ 2 5 2、および記憶部 2 5 3 を備えている。

[0137] シナリオ選択部 2 5 1 は、車両が走行するルート、及び、ルート上の車両の周囲の仮想空間の状況に応じて、シナリオを選択し、選択したシナリオの情報を環境シミュレータ 2 5 2 に出力する。ここで、仮想空間の状況は、例えば、各種の物体（人を含む）の位置及び動き、時間帯、天候、路面の状態等を含む。

[0138] 環境シミュレータ 2 5 2 は、シナリオ選択部 2 5 1 より供給されるシナリオに応じた仮想走行試験において車両が走行する環境をシミュレートし、シミュレートした環境において車両が備える各種のセンサに伝播される電磁波（例えば、可視光、赤外光、電波等）をシミュレートし、シミュレートした電磁波を示すデータを知覚モデル 2 2 2 に出力する。

[0139] この際、環境シミュレータ 2 5 2 は、シミュレートされた電磁波を示すデータを、シナリオに応じて記憶部 2 5 3 に記憶するようにする。

[0140] これにより、環境シミュレータ 2 5 2 は、一度選択されたシナリオと、同一のシナリオが選択されるときには、記憶部 2 5 3 にシナリオに対応付けて

記憶されているシミュレートされた電磁波を示すデータを読み出して、知覚モデル 2 2 2 に出力する。

[0141] ここで、シナリオに応じてシミュレートされた仮想走行試験において車両が走行する環境に応じてシミュレートされる電磁波を示すデータが、ミリ波レーダにおいては、上述した干渉信号モデルに相当する。

[0142] すなわち、ミリ波レーダに関しては、環境シミュレータ 2 5 2 は、シナリオ選択部 2 5 1 により選択されたシナリオに基づいて、仮想走行試験において車両が走行する環境をシミュレートした上で、ミリ波信号からなる電磁波を干渉信号モデルとしてシミュレートして、知覚モデル 2 2 2 に出力すると共に、シナリオと対応付けて記憶部 2 5 3 に記憶する。

[0143] そして、以降において、シナリオ選択部 2 5 1 により、シミュレート済みのシナリオが選択されたときには、環境シミュレータ 2 5 2 は、記憶部 2 5 3 より、選択されたシナリオと対応付けて記憶されている干渉信号モデルを読み出して、知覚モデル 2 2 2 に出力する。

[0144] <ミリ波レーダモデルの構成例>

次に、図 1 7 を参照して、ミリ波レーダモデル 2 3 2 の構成例について説明する。

[0145] ミリ波レーダモデル 2 3 2 は、送信部 2 6 1、受信部 2 6 2、および I F 信号生成部 2 6 3 を備えている。

[0146] 送信部 2 6 1 は、送信信号 S_i からなるミリ波レーダが照射するミリ波信号からなる送信波をシミュレートして、I F 信号生成部 2 6 3 に出力する。ここで、シミュレートされる送信波とは、送信波の波形であり、上述した送信信号 S_i に対応する波形 W_t の波形である。

[0147] 受信部 2 6 2 は、レンダリングモデル 2 2 1 より供給される、選択されたシナリオに対応するミリ波信号に係る電磁波を示す信号、すなわち、干渉信号モデルに基づいて、仮想走行試験において仮想的な空間を走行中に反射波として受信される受信波をシミュレートして、I F 信号生成部 2 6 3 に出力する。ここで、シミュレートされる受信波とは、実質的に、上述した波形 W

$r, W f 1, W f 1'$ である。

[0148] I F 信号生成部 263 は、送信部 261 より供給される送信波と、受信部 262 より供給される受信波とを混合することで I F 信号を生成し、仮想 I F 信号として認識モデル 223 に出力する。

[0149] <自動運転シミュレーション処理>

次に、図 18 のフローチャートを参照して、図 15 の自動運転シミュレータ 201 による自動運転シミュレーション処理について説明する。

[0150] ステップ S31 において、レンダリングモデル 221 は、レンダリングステップ処理を実行して、仮想走行試験の対象となる車両の 3D モデル、各種の物体の特性、及び、仮想走行試験のシナリオに基づいて、車両が走行する環境をシミュレートする。

[0151] また、レンダリングモデル 221 は、シミュレートした車両が走行する環境に基づいて、車両の周囲の仮想空間から車両が備える各種のセンサに伝播する電磁波をシミュレートし、電磁波のデータを知覚モデル 222 に出力する。

[0152] ここで、レンダリングモデル 221 は、ミリ波レーダについては、仮想走行試験の対象となる車両の 3D モデル、各種の物体の特性、及び、仮想走行試験のシナリオを選択し、選択したシナリオに対応する車両が走行する環境に基づいて、ミリ波センサに伝搬する電磁波であるミリ波のデータとして、電波干渉モデルを知覚モデル 222 のミリ波レーダモデル 232 に出力する。

[0153] 尚、ミリ波レーダに関するレンダリングステップ処理については、図 19 のフローチャートを参照して、詳細を後述する。

[0154] ステップ S32 において、知覚モデル 222 は、知覚ステップ処理を実行し、レンダリングモデル 221 によりシミュレートされた電磁波のデータに基づいて、各種のセンサにより車両の周囲の状況（例えば、周囲の物体）を知覚する知覚処理をシミュレートする。

知覚モデル 222 は、車両の周囲の状況を知覚した結果を示す知覚データを

生成し、認識モデル 2 2 3 に供給する。

[0155] ここで、知覚モデル 2 2 2 のミリ波レーダモデル 2 3 2 は、ミリ波センサに伝搬する電磁波であるミリ波のデータである電波干渉モデルに基づいて、受信波を生成し、送信波と混合することで、I F 信号を生成し、仮想 I F 信号として認識モデル 2 2 3 に出力する。

[0156] 尚、知覚ステップの処理については、図 2 0 のフローチャートを参照して、詳細を後述する。また、知覚ステップ処理における、ミリ波レーダに関する処理であるミリ波レーダステップ処理については、図 2 1 のフローチャートを参照して、詳細を後述する。

[0157] ステップ S 3 3 において、認識モデル 2 2 3 は、仮想画像データ、仮想 I F 信号、及び、仮想点群データ等に基づいて、車両の周囲の状況を認識する処理をシミュレートし、認識結果を仮想認識データとして自動運転モデル 2 1 2 に出力する。

[0158] ステップ S 3 4 に、自動運転モデル 2 1 2 は、自動運転システムの判断ステップおよび操作ステップ処理を実行し、仮想認識データに基づいて、車両の周囲の状況を判断し、車両が遭遇するリスクを予測する処理をシミュレートしたり、計画されているルート、及び、予測したリスク等に基づいて、走行経路等の行動計画を作成し、作成した行動計画に基づいて、車両の自動操作を実行する処理をシミュレートする。

[0159] ステップ S 3 5 において、自動運転モデル 2 1 2 は、自動運転シミュレーション処理の終了が指示されているか否かを判定し、終了が指示されていない場合、処理は、ステップ S 3 6 に進む。

[0160] ステップ S 3 6 において、自動運転モデル 2 1 2 は、例えば、車両の走行状態（例えば、速度、方向、ブレーキ等）、及び、車両の走行位置等の車両の仮想的な状況を示す情報をレンダリングモデル 2 2 1 にフィードバックし、処理は、ステップ S 3 1 に戻る。

[0161] そして、ステップ S 3 5 において、自動運転シミュレーション処理の終了が指示されている場合、処理は、終了する。

[0162] 以上の処理により、自動運転シミュレーションが実行される。

[0163] <レンダリングステップ処理>

次に、図19のフローチャートを参照して、レンダリングモデル221におけるレンダリングステップ処理について説明する。

[0164] ステップS51において、シナリオ選択部251は、自動運転モデル212より、直前の車両の走行状態、および車両の走行位置等の車両の仮想的な状況を示す情報のフィードバックがあったか否かを判定する。

[0165] ステップS51において、フィードバックがあったと判定された場合、処理は、ステップS52に進む。

[0166] ステップS52において、シナリオ選択部251は、自動運転モデル212より、直前の車両の走行状態、および車両の走行位置等の車両の仮想的な状況を示す情報のフィードバックを取得する。

[0167] 尚、ステップS51において、フィードバックがない場合、ステップS52の処理はスキップされる。

[0168] ステップS53において、シナリオ選択部251は、車両の仮想的な状況を示す情報に基づいて、シナリオを選択し、環境シミュレータ252に出力する。ここで、直前の車両の仮想的な状況を示すフィードバックがある場合については、シナリオ選択部251は、フィードバックに基づいて、シナリオを選択する。また、フィードバックがない場合、シナリオ選択部251は、例えば、走行経路の始点位置の情報に基づいて、シナリオを選択して、環境シミュレータ252に出力する。

[0169] ステップS54において、環境シミュレータ252は、記憶部253にアクセスし、シナリオに対応する干渉信号モデルを検索し、シナリオに対応する干渉信号モデルが記憶されているか否かを判定する。

[0170] ステップS54において、シナリオに対応する干渉信号モデルが記憶されていると判定された場合、処理は、ステップS55に進む。

[0171] ステップS55において、環境シミュレータ252は、記憶部253に記憶されている、シナリオに対応する干渉信号モデルを読み出す。

- [0172] ステップS 5 6において、環境シミュレータ2 5 2は、シナリオに対応する干渉信号モデルを、シミュレートした電磁波のデータとして知覚モデル2 2 2のミリ波レーダモデル2 3 2に出力する。
- [0173] 一方、ステップS 5 4において、シナリオに対応する干渉信号モデルが記憶されていないと判定された場合、処理は、ステップS 5 7に進む。
- [0174] ステップS 5 7において、環境シミュレータ2 5 2は、シナリオにより特定される、仮想的な車両の走行環境に基づいて、伝搬するミリ波を、干渉信号モデルとしてシミュレートする。
- [0175] ステップS 5 8において、環境シミュレータ2 5 2は、シミュレートした干渉信号モデルをシナリオと対応付けて記憶部2 5 3に記憶し、処理は、ステップS 5 6に進む。
- [0176] 以上の処理により、直前の車両の走行状態、および車両の走行位置等の車両の仮想的な状況に基づいてシナリオが選択され、選択されたシナリオに対応する干渉信号モデルが、シミュレートされた電磁波のデータとしてレンダリングされて、知覚モデル2 2 2に出力することが可能となる。
- [0177] すなわち、上述した第1のシナリオ乃至第6のシナリオと、対応付けて第1の干渉信号モデル乃至第6の干渉信号モデルがそれぞれ記憶部2 5 3に記憶されている場合、例えば、第3のシナリオが選択されるとき、対応する第3の干渉信号モデルが読み出されて、知覚モデル2 2 2のミリ波レーダモデル2 3 2に供給される。
- [0178] 尚、本開示においては、レンダリングステップ処理の説明に当たって、ミリ波レーダモデル2 3 2に対して、シナリオと対応する干渉信号モデルが供給される例について説明を行うものとするが、イメージャモデル2 3 1およびL i D A Rモデル2 3 3に対しても、対応する処理がなされる。
- [0179] <知覚ステップ処理>
- 次に、図2 0のフローチャートを参照して、知覚モデル2 2 2による知覚ステップ処理について説明する。
- [0180] ステップS 7 1において、イメージャモデル2 3 1は、イメージャステッ

プ処理を実行し、レンダリングモデル221によりシミュレートされた電磁波に含まれる光（入射光）に基づいて、車両の周囲の仮想空間を撮影した仮想撮影画像を生成し、対応する仮想撮影画像データを認識モデル223に供給する。

[0181] ステップS72において、ミリ波レーダモデル232は、ミリ波レーダステップ処理を実行し、レンダリングモデル221より供給される干渉信号モデルを取得し、干渉信号モデルに基づいた受信波と、送信波とを混合した仮想I F信号を生成し、認識モデル223に供給する。

[0182] 尚、ミリ波レーダステップ処理については、図21のフローチャートを参照して、詳細を後述する。

[0183] ステップS73において、LiDARモデル233は、LiDARステップ処理を実行し、例えば、車両の周囲の所定の範囲内にレーザ光を照射し、その反射光を受信し、反射光に基づいて、知覚データ的一种である仮想点群データをシミュレートして、認識モデル223に供給する。

[0184] 以上の一連の処理により、各種のセンサにおける電磁波のデータに基づいて、知覚データがシミュレートされて、認識モデル223に供給される。

[0185] <ミリ波レーダステップ処理>

次に、図21のフローチャートを参照して、ミリ波レーダモデル232によるミリ波レーダステップ処理を説明する。

[0186] ステップS91において、ミリ波レーダモデル232の送信部261は、ミリ波レーダが照射するミリ波信号からなる送信波をシミュレートして、I F信号生成部263に出力する。

[0187] ステップS92において、受信部262は、レンダリングモデル221より供給される、選択されたシナリオに対応する干渉信号モデルに基づいて、仮想走行試験において仮想的な空間を走行中に反射波として受信される受信波をシミュレートして、I F信号生成部263に出力する。

[0188] ステップS93において、I F信号生成部263は、送信部261より供給される送信波と、受信部262より供給される受信波とを混合することで

I F 信号を生成し、仮想 I F 信号として認識モデル 2 2 3 に出力する。

[0189] 以上の処理により、選択されたシナリオに対応する干渉信号モデルに基づいて、仮想的な空間を走行中に、反射波として受信する受信波がシミュレートされ、送信波と混合されて、仮想 I F 信号が生成されて、知覚データの 1 つとして認識モデル 2 2 3 に供給される。

[0190] また、上述した一連の処理により、シナリオに対応する干渉信号モデルが存在しない場合については、シナリオにより特定される仮想的な車両の走行環境に基づいたシミュレーションにより、干渉信号モデルが生成されて、シナリオに対応付けて記憶部 2 5 3 に記憶される。

[0191] これにより、シナリオに対応する干渉信号モデルについては、シナリオのそれぞれについて、一回、シミュレートして生成された後は、シナリオに対応する干渉信号モデルを読み出して知覚モデル 2 2 2 に供給するのみでよくなるので、シミュレーションの必要がなくなり、処理負荷を低減し、処理速度を向上させることが可能となる。

[0192] さらに、干渉信号モデルについては、シナリオに基づいてシミュレーションにより生成されるので、仮想的な走行環境を現実にもって再現することが可能となるので、より高精度な自動運転シミュレーションを実現することが可能となる。

[0193] 以上の一連の処理により、ミリ波レーダのシミュレーションにおいて、干渉信号を含む受信波をシナリオ毎に干渉信号モデルとしてモデル化して設定することで、シナリオに応じた干渉信号モデルを用いることにより、現実の走行環境に則した高精度なシミュレーションを実現することが可能となる。

[0194] <<5. ソフトウェアにより実行させる例>>

ところで、上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能

な、例えば汎用のコンピュータなどに、記録媒体からインストールされる。

[0195] 図22は、汎用のコンピュータの構成例を示している。このコンピュータは、CPU(Central Processing Unit)1001を内蔵している。CPU1001にはバス1004を介して、入出力インタフェース1005が接続されている。バス1004には、ROM(Read Only Memory)1002およびRAM(Random Access Memory)1003が接続されている。

[0196] 入出力インタフェース1005には、ユーザが操作コマンドを入力するキーボード、マウスなどの入力デバイスよりなる入力部1006、処理操作画面や処理結果の画像を表示デバイスに出力する出力部1007、プログラムや各種データを格納するハードディスクドライブなどよりなる記憶部1008、LAN(Local Area Network)アダプタなどよりなり、インターネットに代表されるネットワークを介した通信処理を実行する通信部1009が接続されている。また、磁気ディスク(フレキシブルディスクを含む)、光ディスク(CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory)、DVD(Digital Versatile Disc)を含む)、光磁気ディスク(MD(Mini Disc)を含む)、もしくは半導体メモリなどのリムーバブル記憶媒体1011に対してデータを読み書きするドライブ1010が接続されている。

[0197] CPU1001は、ROM1002に記憶されているプログラム、または磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、もしくは半導体メモリ等のリムーバブル記憶媒体1011から読み出されて記憶部1008にインストールされ、記憶部1008からRAM1003にロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM1003にはまた、CPU1001が各種の処理を実行する上において必要なデータなども適宜記憶される。

[0198] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU1001が、例えば、記憶部1008に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース1005及びバス1004を介して、RAM1003にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0199] コンピュータ(CPU1001)が実行するプログラムは、例えば、パッケー

ジメディア等としてのリムーバブル記憶媒体 1011 に記録して提供することができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することができる。

[0200] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記憶媒体 1011 をドライブ 1010 に装着することにより、入出力インタフェース 1005 を介して、記憶部 1008 にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部 1009 で受信し、記憶部 1008 にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM 1002 や記憶部 1008 に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0201] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

[0202] 尚、図 22 における CPU 1001 が、図 15 の自動運転シミュレータ 201 の機能を実現させる。

[0203] また、本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、すべての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、及び、1つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている1つの装置は、いずれも、システムである。

[0204] なお、本開示の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0205] 例えば、本開示は、1つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0206] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0207] さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0208] 尚、本開示は、以下のような構成も取ることができる。

[0209] <1> シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部と、

シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択する選択部と、

前記選択部により選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するレーダモデルとを備える情報処理装置。

<2> 前記レーダモデルは、前記レーダ装置における、前記電波干渉モデルに基づいた受信波と、前記レーダ装置からの送信波とを混合することで、混合信号を生成し、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データとして出力する

<1>に記載の情報処理装置。

<3> 前記レーダ装置は、ミリ波レーダであり、

前記レーダモデルは、前記ミリ波レーダにおける、前記電波干渉モデルに基づいたミリ波信号からなる受信波と、前記レーダ装置からのミリ波信号からなる送信波とを混合することで、 IF （中間周波数）信号を生成し、前記ミリ波レーダによる物体を知覚した結果を示す出力データとして出力する

<2>に記載の情報処理装置。

<4> 前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される、前記車両の仮想的な走行環境における、周囲の空間から前記レーダ装置に伝搬する電磁波からなる受信波のデータを前記電波干渉モデルとしてシミュレートするレンダリングモデルをさらに備える

<1>乃至<3>のいずれかに記載の情報処理装置。

<5> 前記記憶部は、前記レンダリングモデルによりシミュレートされた

前記電波干渉モデルを、前記シミュレーションシナリオと対応付けて記憶する

＜4＞に記載の情報処理装置。

＜6＞ 前記シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶されている前記電波干渉モデルが検索できるとき、前記選択部は、前記シミュレーションシナリオに対応付けて記憶されている前記電波干渉モデルを選択し、

前記シミュレーションシナリオに対応する前記電波干渉モデルが検索できないとき、前記レンダリングモデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される、前記車両の仮想的な走行環境における、周囲の空間から前記レーダ装置に伝搬する電磁波からなる受信波を前記電波干渉モデルとしてシミュレートし、前記記憶部は、シミュレートされた前記電波干渉モデルを、前記シミュレーションシナリオと対応付けて記憶する

＜5＞に記載の情報処理装置。

＜7＞ 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される仮想的な前記車両の走行環境において、前記レーダ装置の送信波が、測定対象となる前記車両の前方を前走する前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両および前記前走車両とは異なる他の車両に搭載された前記レーダ装置とは異なる他のレーダ装置からの送信波を受信するときの受信波のデータである

＜1＞乃至＜6＞のいずれかに記載の情報処理装置。

＜8＞ 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される仮想的な前記車両の走行環境において、前記レーダ装置の送信波が、前記前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両の対向車両に搭載された前記他のレーダ装置からの送信波を直接的に受信するときの受信波のデータである

＜7＞に記載の情報処理装置。

＜9＞ 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて

設定される仮想的な前記車両の走行環境において、前記レーダ装置の送信波が、前記前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両の対向車両に搭載された前記他のレーダ装置からの送信波を間接的に受信するときの受信波のデータである

＜7＞に記載の情報処理装置。

＜10＞ 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される仮想的な前記車両の走行環境が、トンネルの内部である場合、前記レーダ装置の送信波が、前記前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両の対向車両に搭載された前記他のレーダ装置からの送信波を直接的に受信し、かつ、前記他のレーダ装置からの送信波が前記トンネルの壁で反射することで生じる反射波を間接的に受信するときの受信波のデータである

＜9＞に記載の情報処理装置。

＜11＞ 前記シミュレーションシナリオは、前記レーダ装置からの送信波の変調方式と、前記他のレーダ装置からの送信波の変調方式とが、異なることを示す情報を含む

＜7＞に記載の情報処理装置。

＜12＞ 前記シミュレーションシナリオは、前記レーダ装置からの送信波の変調方式と、前記他のレーダ装置からの送信波の変調方式とが、同一であることを示す情報を含む

＜7＞に記載の情報処理装置。

＜13＞ 前記シミュレーションシナリオは、前記レーダ装置からの送信波には、変調が掛けられ、前記他のレーダ装置からの送信波には変調が掛けられていないことを示す情報を含む

＜7＞に記載の情報処理装置。

＜14＞ シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部を備えた情報処理装置の情報処理方法であって、

シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択し、

選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成する

ステップを含む情報処理方法。

< 1 5 > シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部と、

シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択する選択部と、

前記選択部により選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するレーダモデルと

してコンピュータを機能させるプログラム。

符号の説明

[0210] 2 0 1 自動運転シミュレータ, 2 1 1 走行環境－電磁波伝搬－センサモデル, 2 1 2 自動運転モデル, 2 2 1 レンダリングモデル, 2 2 2 知覚モデル, 2 2 3 認識モデル, 2 3 1 イメージャモデル, 2 3 2 ミリ波レーダモデル, 2 3 3 L i D A Rモデル, 2 5 1 シナリオ選択部, 2 5 2 環境シミュレータ, 2 5 3 記憶部, 2 6 1 送信部, 2 6 2 受信部, 2 6 3 I F 信号生成部

請求の範囲

- [請求項1] シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部と、
- シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択する選択部と、
- 前記選択部により選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するレーダモデルと
- を備える情報処理装置。
- [請求項2] 前記レーダモデルは、前記レーダ装置における、前記電波干渉モデルに基づいた受信波と、前記レーダ装置からの送信波とを混合することで、混合信号を生成し、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データとして出力する
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記レーダ装置は、ミリ波レーダであり、
- 前記レーダモデルは、前記ミリ波レーダにおける、前記電波干渉モデルに基づいたミリ波信号からなる受信波と、前記レーダ装置からのミリ波信号からなる送信波とを混合することで、 IF （中間周波数）信号を生成し、前記ミリ波レーダによる物体を知覚した結果を示す出力データとして出力する
- 請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される、前記車両の仮想的な走行環境における、周囲の空間から前記レーダ装置に伝搬する電磁波からなる受信波のデータを前記電波干渉モデルとしてシミュレートするレンダリングモデルをさらに備える
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記記憶部は、前記レンダリングモデルによりシミュレートされた前記電波干渉モデルを、前記シミュレーションシナリオと対応付けて

記憶する

請求項 4 に記載の情報処理装置。

[請求項6] 前記シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶されている前記電波干渉モデルが検索できるとき、前記選択部は、前記シミュレーションシナリオに対応付けて記憶されている前記電波干渉モデルを選択し、

前記シミュレーションシナリオに対応する前記電波干渉モデルが検索できないとき、前記レンダリングモデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される、前記車両の仮想的な走行環境における、周囲の空間から前記レーダ装置に伝搬する電磁波からなる受信波を前記電波干渉モデルとしてシミュレートし、前記記憶部は、シミュレートされた前記電波干渉モデルを、前記シミュレーションシナリオと対応付けて記憶する

請求項 5 に記載の情報処理装置。

[請求項7] 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される仮想的な前記車両の走行環境において、前記レーダ装置の送信波が、測定対象となる前記車両の前方を前走する前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両および前記前走車両とは異なる他の車両に搭載された前記レーダ装置とは異なる他のレーダ装置からの送信波を受信するときの受信波のデータである

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項8] 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される仮想的な前記車両の走行環境において、前記レーダ装置の送信波が、前記前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両の対向車両に搭載された前記他のレーダ装置からの送信波を直接的に受信するときの受信波のデータである

請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項9] 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて

設定される仮想的な前記車両の走行環境において、前記レーダ装置の送信波が、前記前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両の対向車両に搭載された前記他のレーダ装置からの送信波を間接的に受信するときの受信波のデータである

請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項10] 前記電波干渉モデルは、前記シミュレーションシナリオに基づいて設定される仮想的な前記車両の走行環境が、トンネルの内部である場合、前記レーダ装置の送信波が、前記前走車両において反射された反射波を受信すると共に、前記車両の対向車両に搭載された前記他のレーダ装置からの送信波を直接的に受信し、かつ、前記他のレーダ装置からの送信波が前記トンネルの壁で反射することで生じる反射波を間接的に受信するときの受信波のデータである

請求項 9 に記載の情報処理装置。

[請求項11] 前記シミュレーションシナリオは、前記レーダ装置からの送信波の変調方式と、前記他のレーダ装置からの送信波の変調方式とが、異なることを示す情報を含む

請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項12] 前記シミュレーションシナリオは、前記レーダ装置からの送信波の変調方式と、前記他のレーダ装置からの送信波の変調方式とが、同一であることを示す情報を含む

請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項13] 前記シミュレーションシナリオは、前記レーダ装置からの送信波には、変調が掛けられ、前記他のレーダ装置からの送信波には変調が掛けられていないことを示す情報を含む

請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項14] シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部を備えた情報処理装置の情報処理方法であって、

シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択し、

選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するステップを含む情報処理方法。

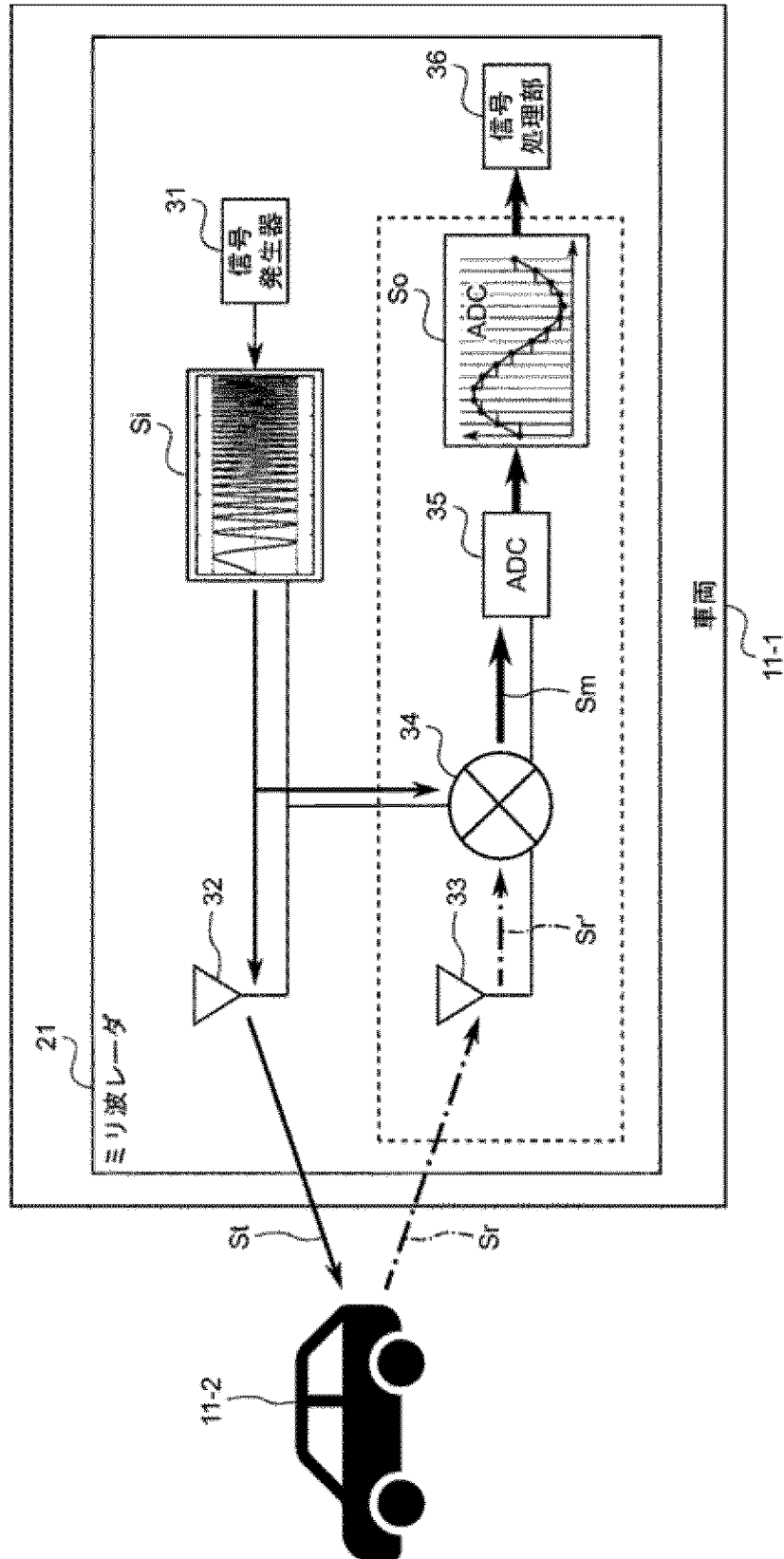
[請求項15] シミュレーション環境内における車両に搭載されたレーダ装置の電波干渉モデルを記憶する記憶部と、

シミュレーションシナリオに基づいて、前記記憶部に記憶された前記電波干渉モデルを選択する選択部と、

前記選択部により選択された電波干渉モデルに基づいて、前記レーダ装置による物体を知覚した結果を示す出力データを生成するレーダモデルと

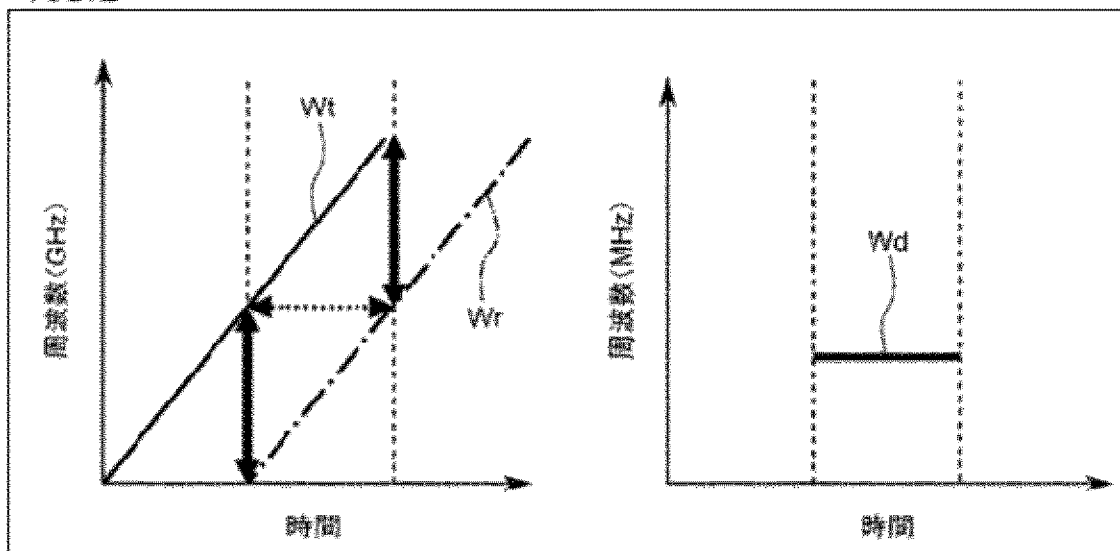
してコンピュータを機能させるプログラム。

[図1]
FIG.1



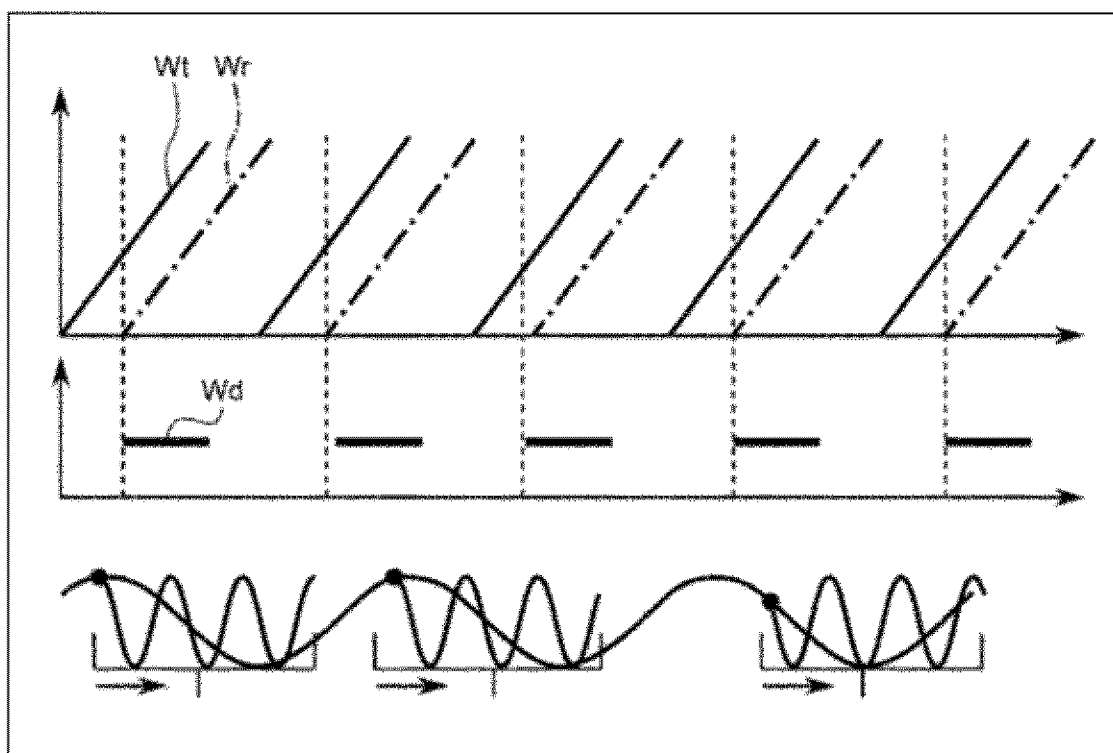
[図2]

FIG.2



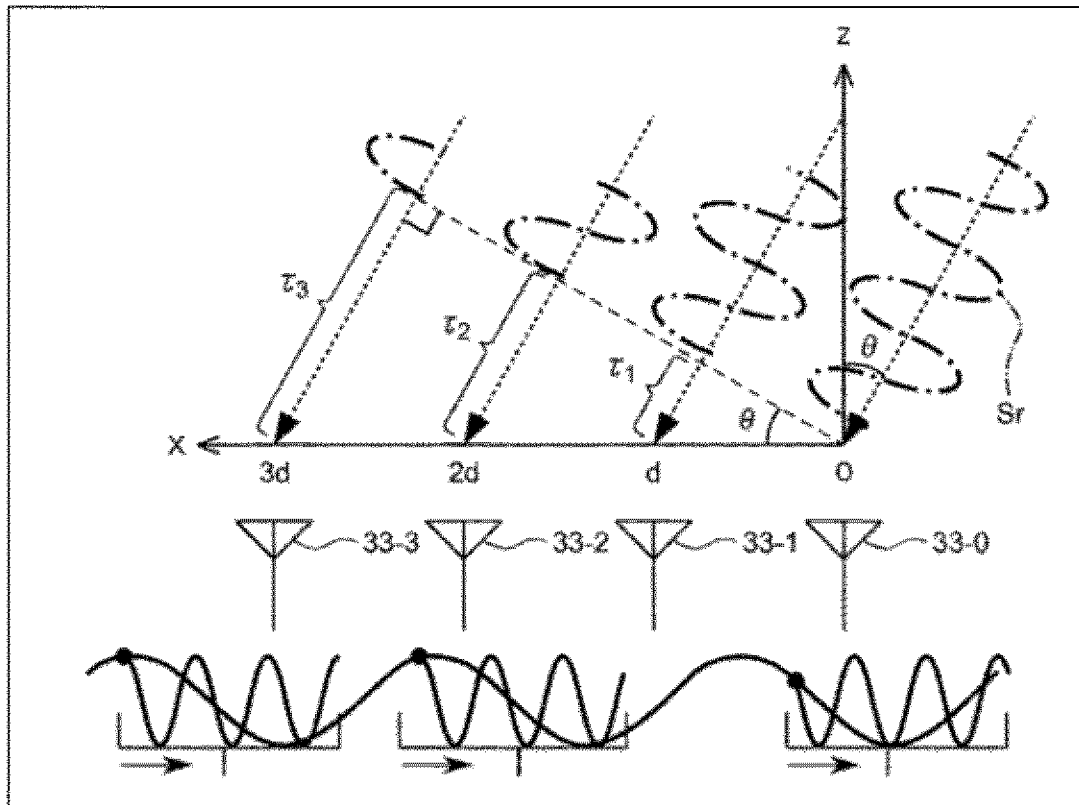
[図3]

FIG.3



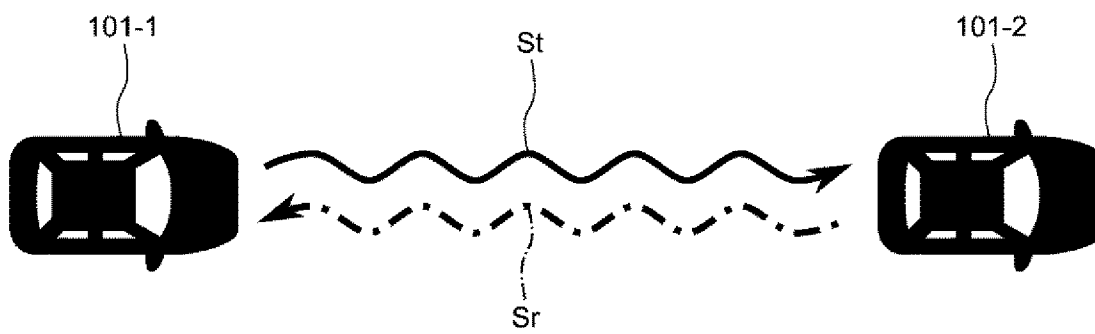
[図4]

FIG.4



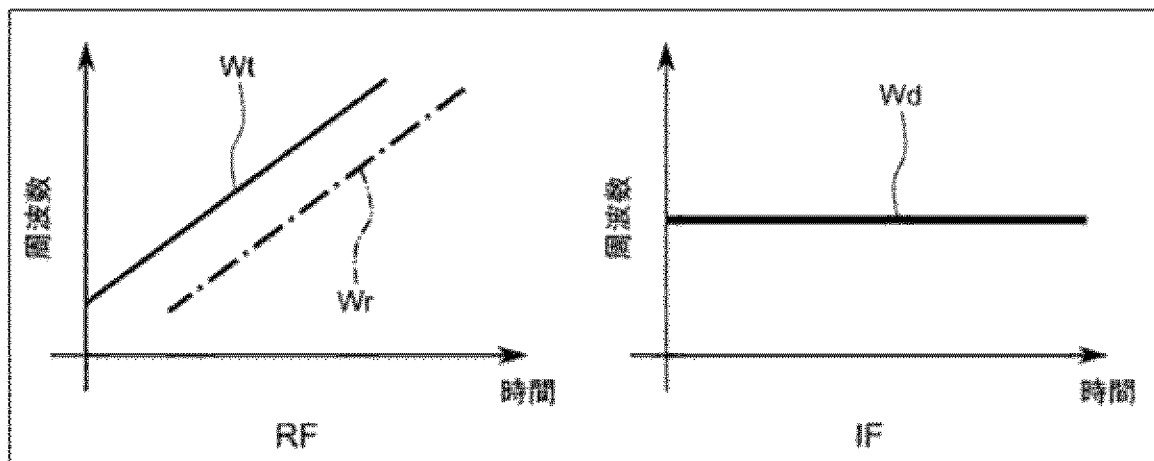
[図5]

FIG.5



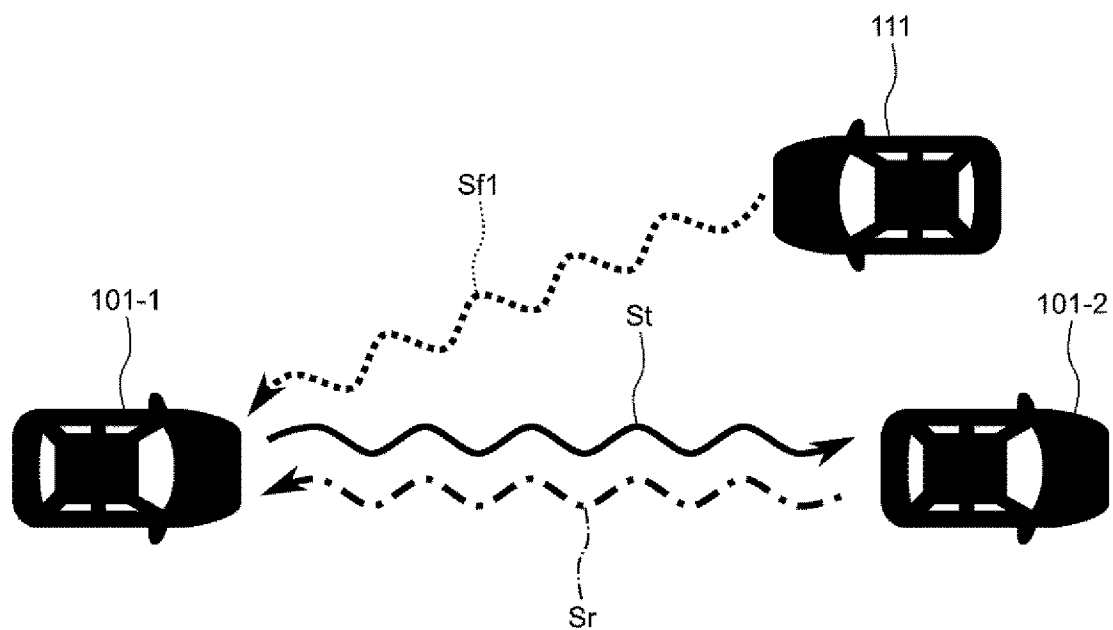
[図6]

FIG.6

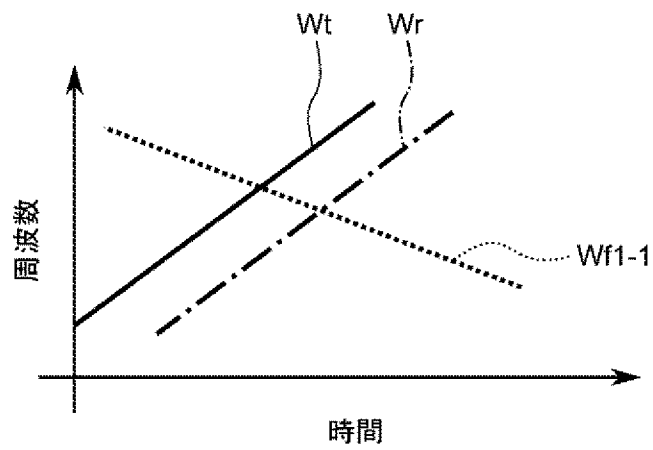


[図7]

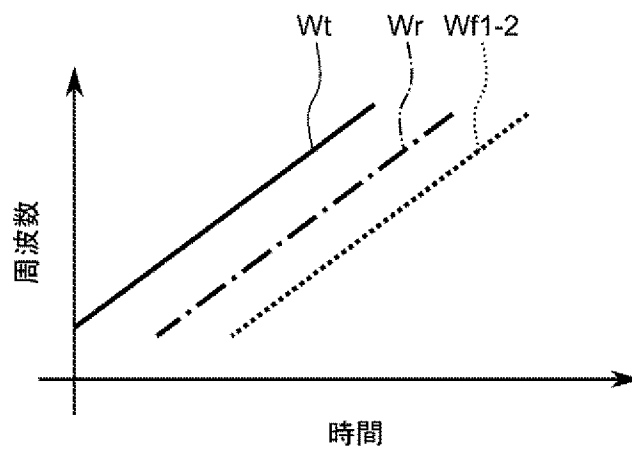
FIG.7



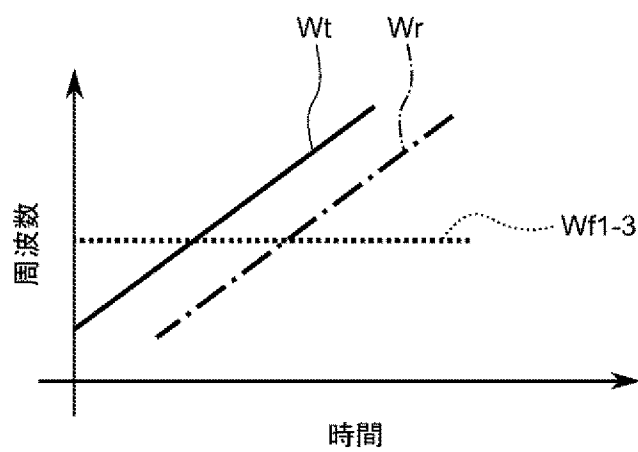
[図8]
FIG.8



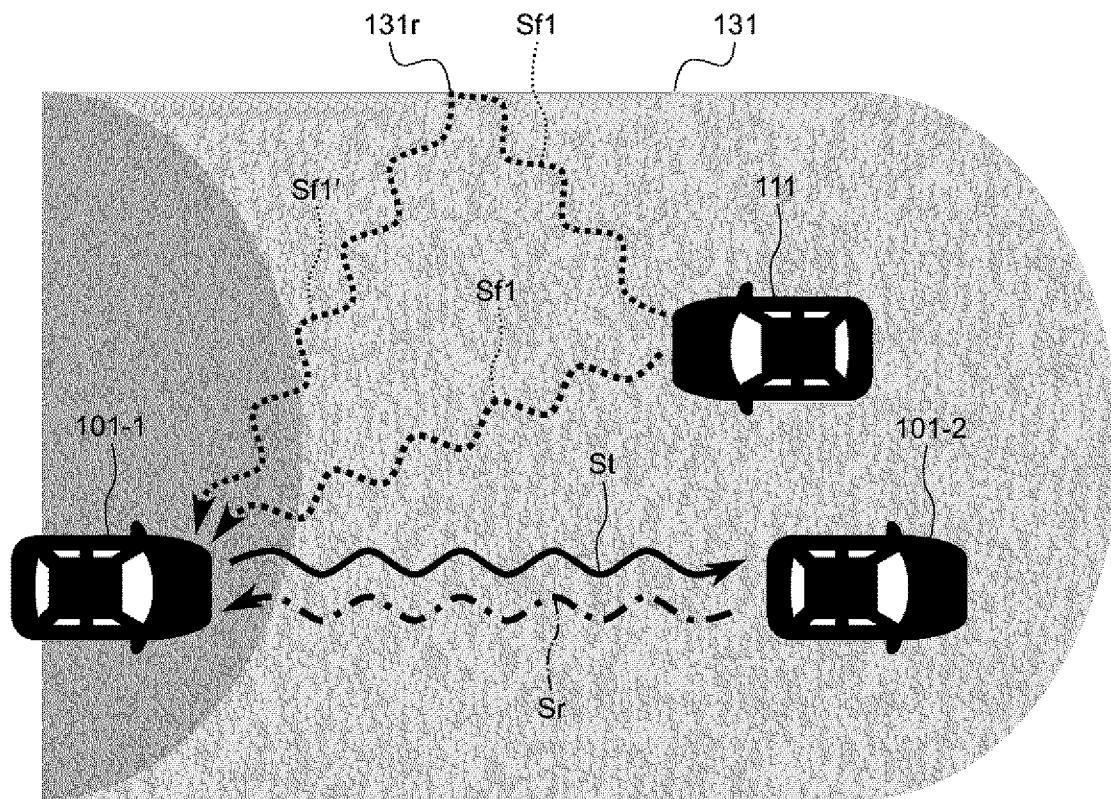
[図9]
FIG.9



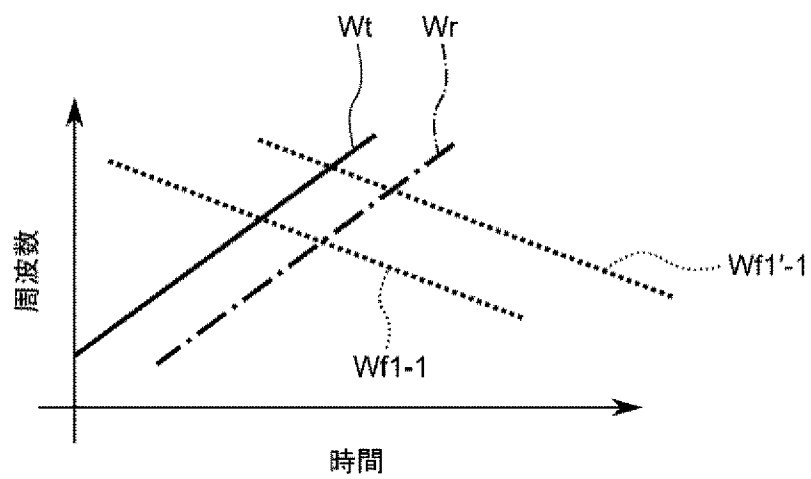
[図10]
FIG.10



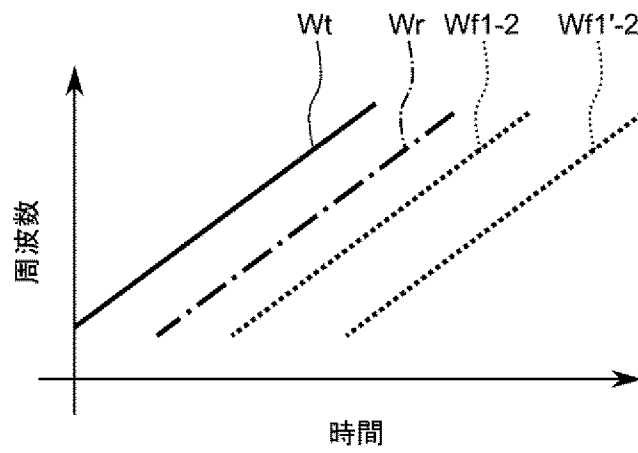
[図11]
FIG.11



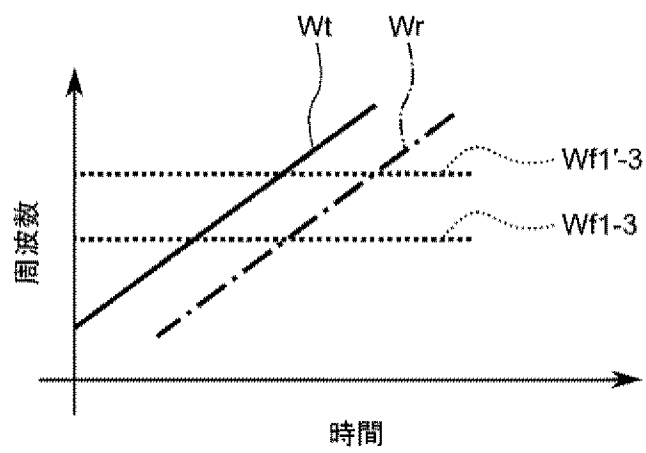
[図12]
FIG.12

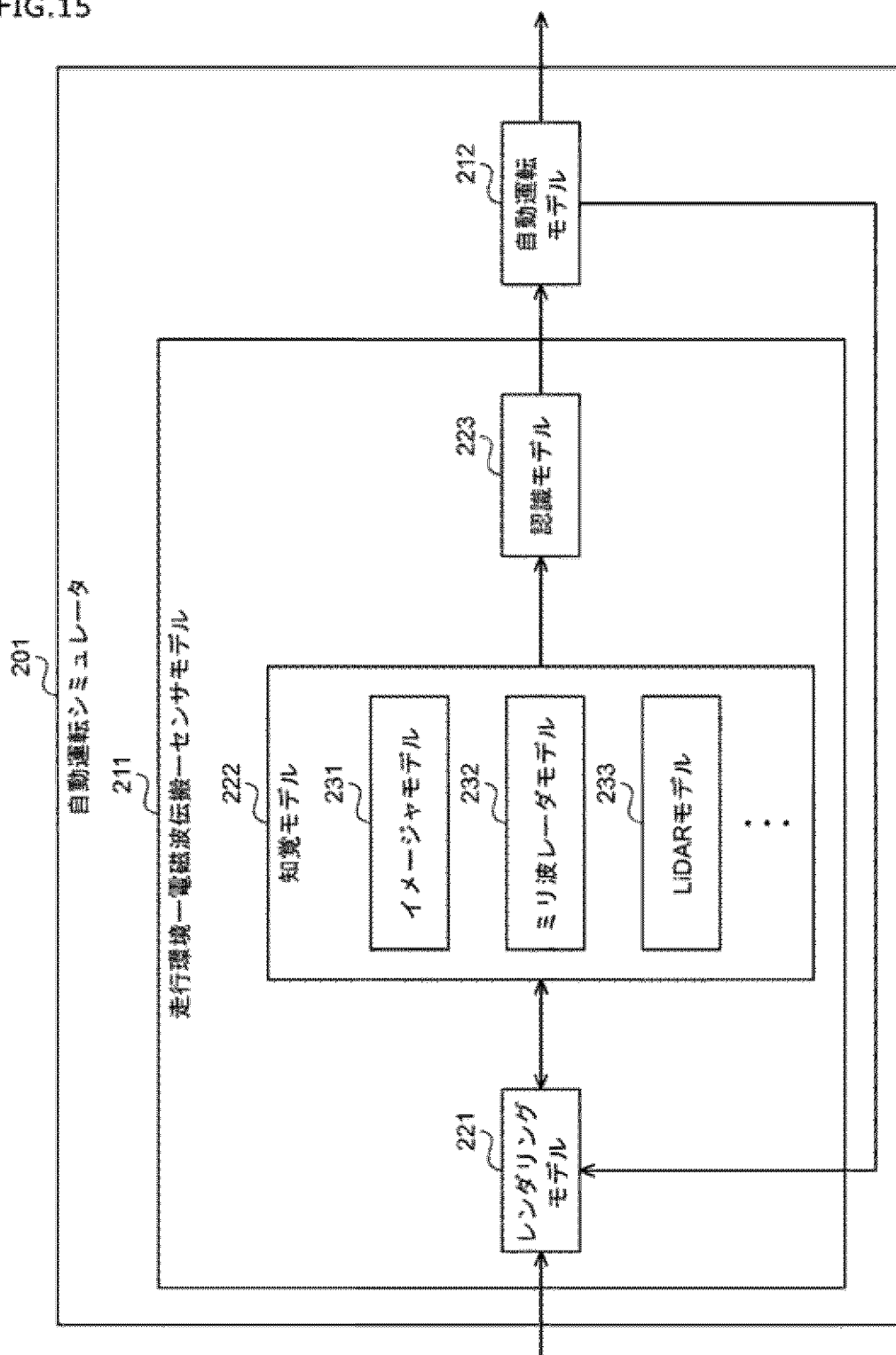


[図13]
FIG.13

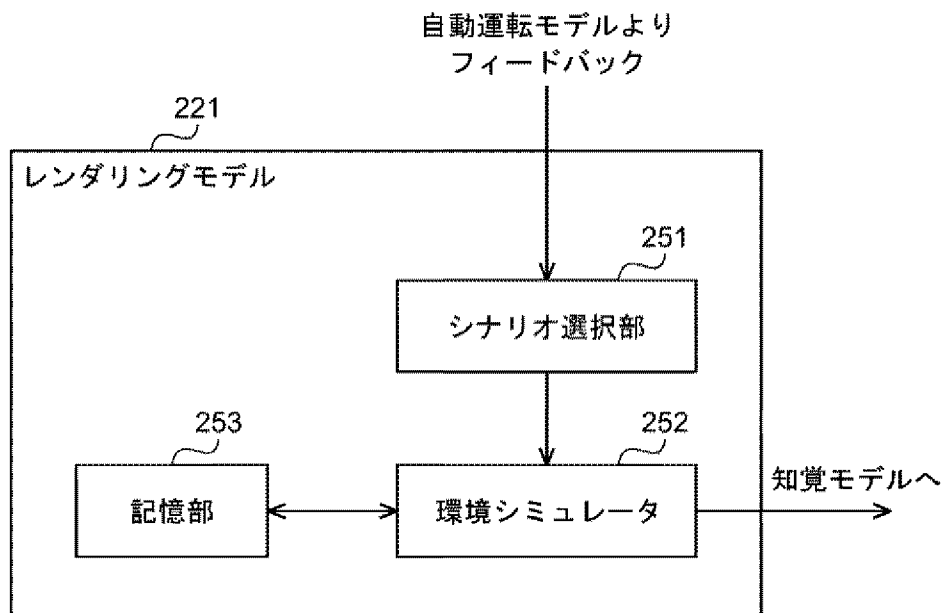


[図14]
FIG.14

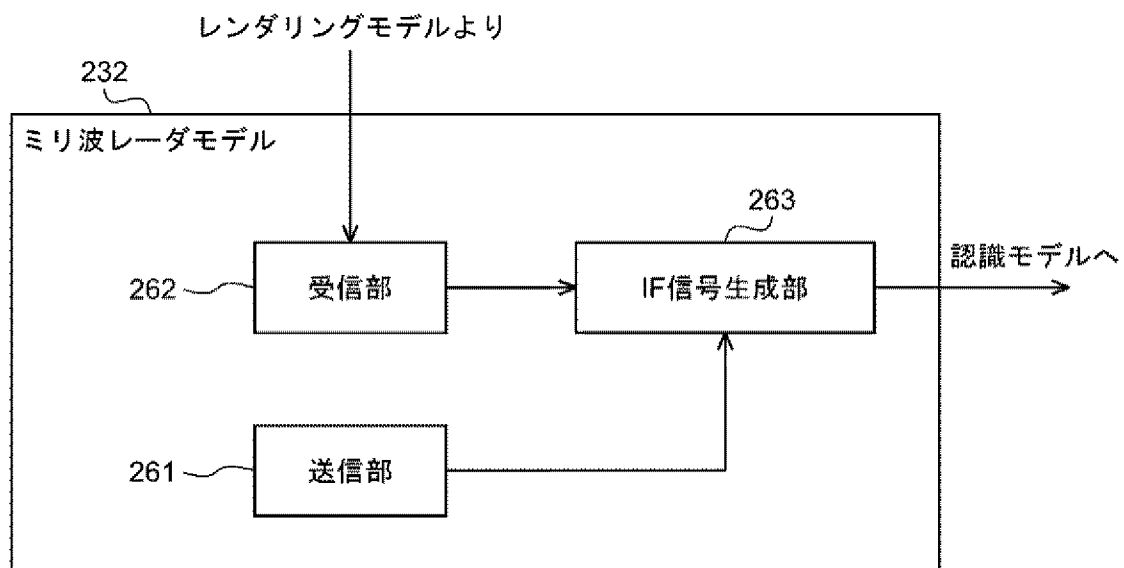


[図15]
FIG.15

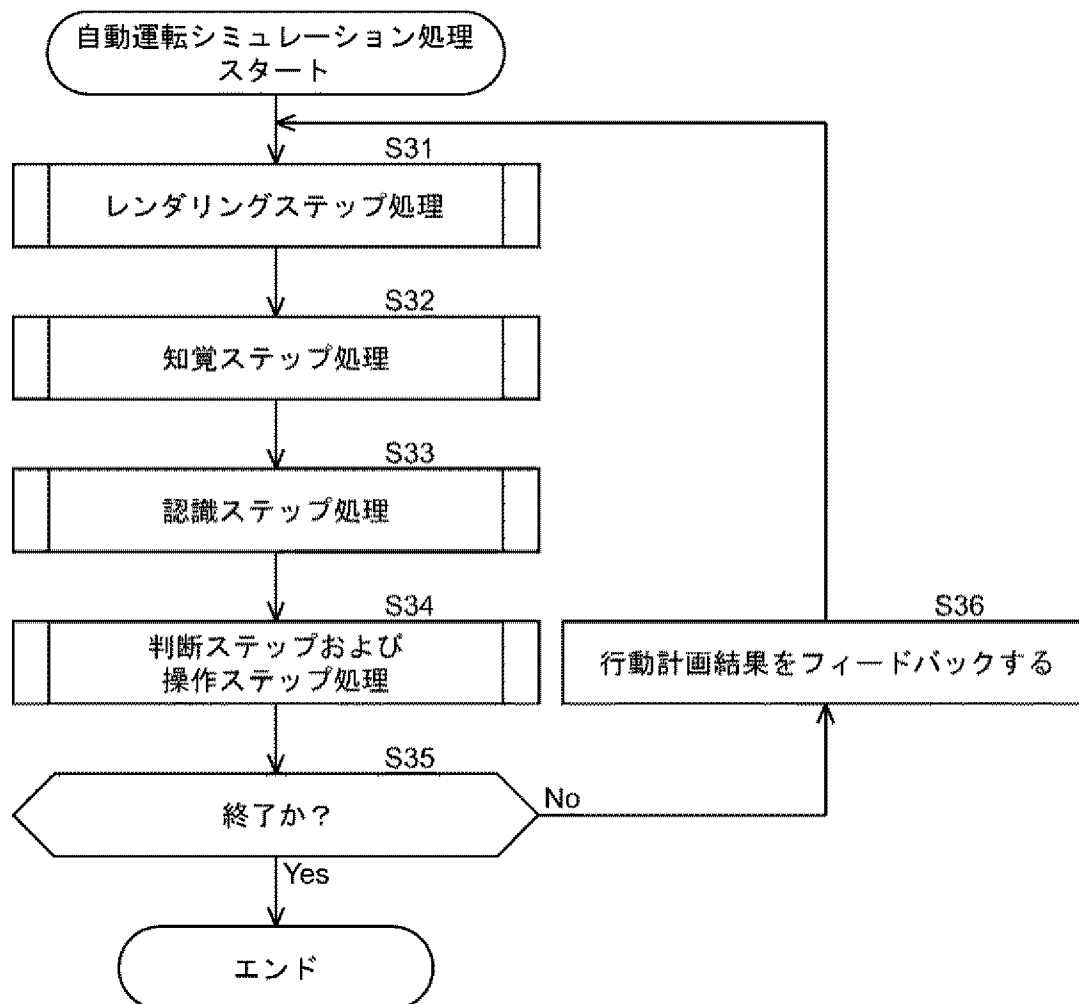
[図16]
FIG.16



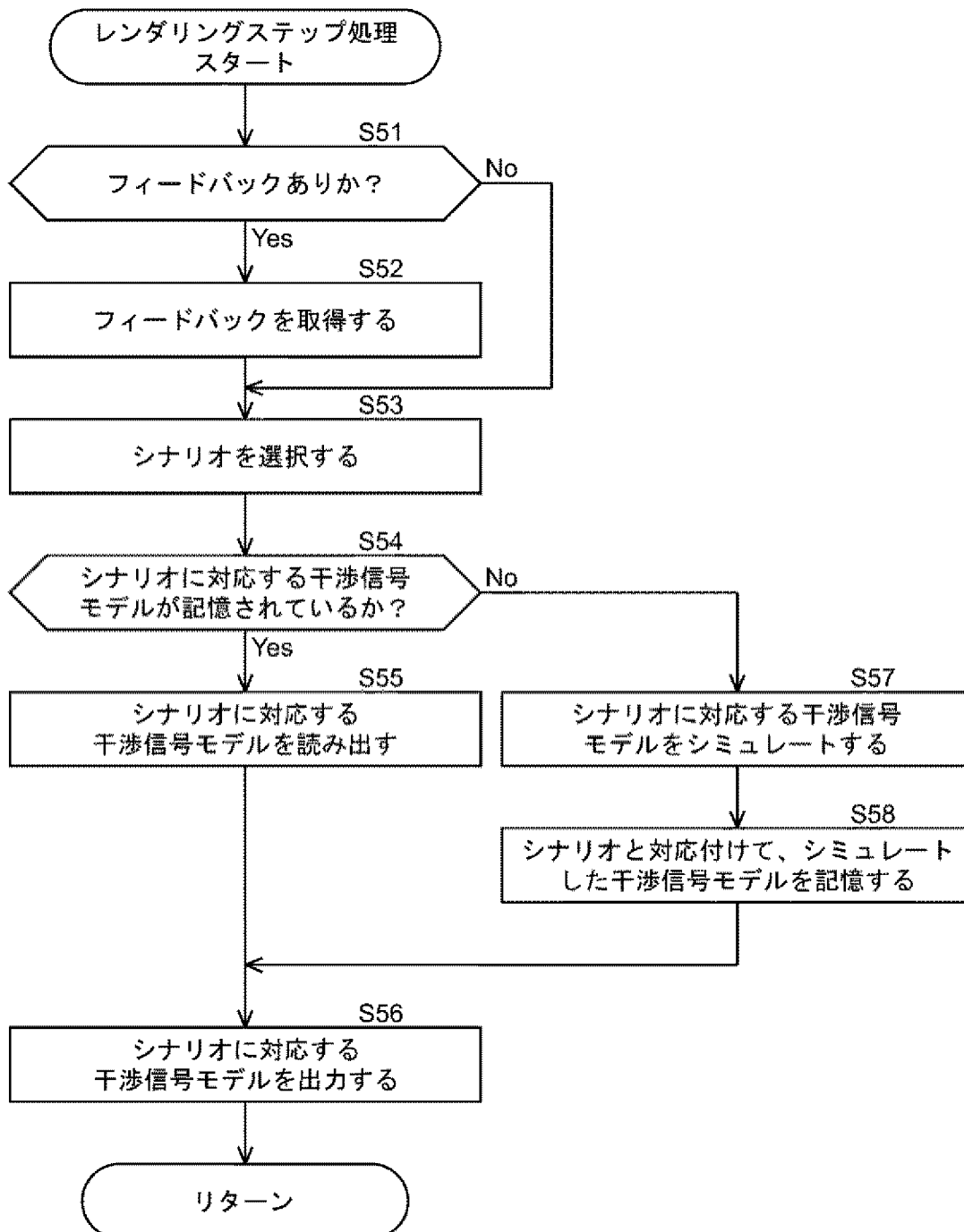
[図17]
FIG.17



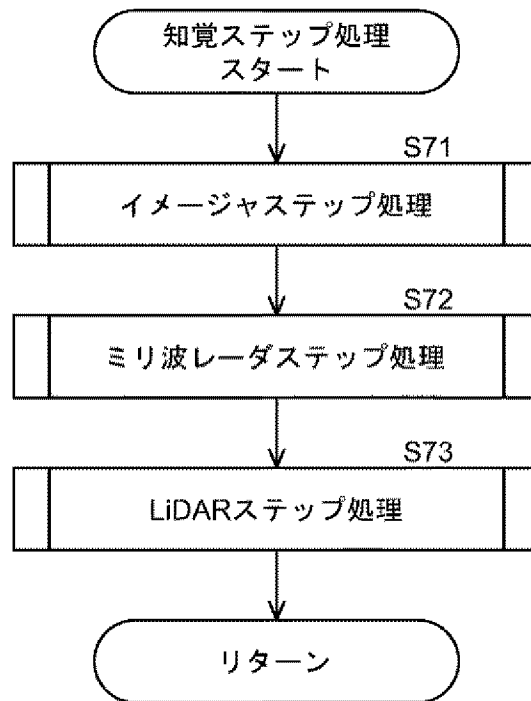
[図18]
FIG.18



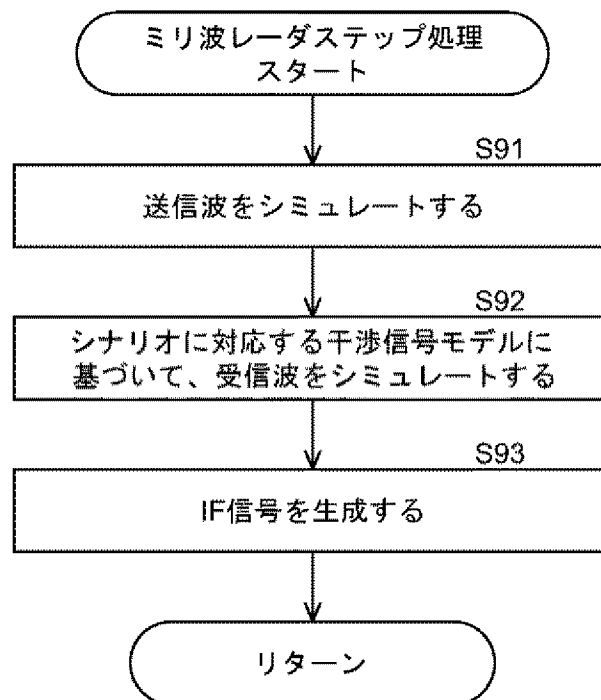
[図19]
FIG.19



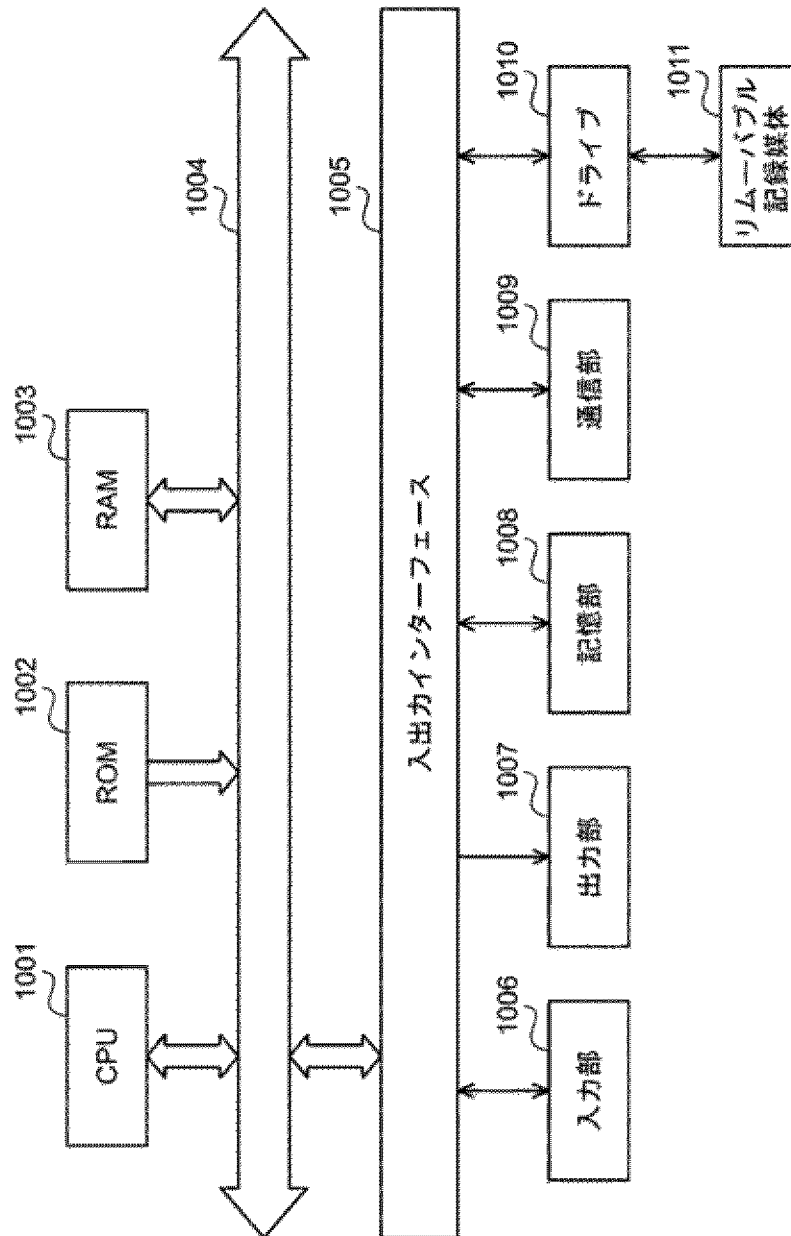
[図20]
FIG.20



[図21]
FIG.21



[図22]
FIG.22



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/036367

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 13/02**(2006.01)i; **G01S 13/34**(2006.01)i

FI: G01S13/02; G01S13/34

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)

G01S1/72-1/82, 3/80-3/86, 5/18-7/64, 13/00-17/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
A	JP 2020-143920 A (PANASONIC IP MAN CORP) 10 September 2020 (2020-09-10) entire text, all drawings	1-15
A	US 2012/0176269 A1 (ARES SYSTEMS GROUP, LLC) 12 July 2012 (2012-07-12) entire text, all drawings	1-15
A	JP 10-221429 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 August 1998 (1998-08-21) entire text, all drawings	1-15
A	CN 109696665 A (BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY (BEIJING) CO., LTD.) 30 April 2019 (2019-04-30) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2004-537057 A (DAIMLERCHRYSLER AG) 09 December 2004 (2004-12-09) entire text, all drawings	1-15
A	CN 112505643 A (THE GENERAL DESIGNING INSTITUTE OF HUBEI SPACE TECHNOLOGY ACADEMY) 16 March 2021 (2021-03-16) entire text, all drawings	1-15

☐ 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

17 October 2022

Date of mailing of the international search report

08 November 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/036367

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-143920	A	10 September 2020	(Family: none)	
US	2012/0176269	A1	12 July 2012	WO 2010/078402	A1
				entire text, all drawings	
JP	10-221429	A	21 August 1998	(Family: none)	
CN	109696665	A	30 April 2019	(Family: none)	
JP	2004-537057	A	09 December 2004	US 2005/0041529	A1
				entire text, all drawings	
				WO 03/012475	A1
				EP 1412776	A1
				DE 10136981	A1
				CA 2456038	A1
CN	112505643	A	16 March 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 13/02(2006.01)i; G01S 13/34(2006.01)i FI: G01S13/02; G01S13/34		
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）） G01S1/72-1/82, 3/80-3/86, 5/18-7/64, 13/00-17/95		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	JP 2020-143920 A (パナソニックIPマネジメント株式会社) 10.09.2020 (2020 - 09 - 10) 全文全図	1-15
A	US 2012/0176269 A1 (ARES SYSTEMS GROUP, LLC) 12.07.2012 (2012 - 07 - 12) 全文全図	1-15
A	JP 10-221429 A (三菱電機株式会社) 21.08.1998 (1998 - 08 - 21) 全文全図	1-15
A	CN 109696665 A (BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY (BEIJING) CO., LTD.) 30.04.2019 (2019 - 04 - 30) 全文全図	1-15
A	JP 2004-537057 A (ダイムラークライスラー・アクチュエゼルスシャフト) 09.12.2004 (2004 - 12 - 09) 全文全図	1-15
A	CN 112505643 A (THE GENERAL DESIGNING INSTITUTE OF HUBEI SPACE TECHNOLOGY ACADEMY) 16.03.2021 (2021 - 03 - 16) 全文全図	1-15
☐ 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抵触するものではなく、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 17.10.2022		国際調査報告の発送日 08.11.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 梶田 真也 2M 3303 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/036367

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-143920	A	10.09.2020	(ファミリーなし)	
US	2012/0176269	A1	12.07.2012	WO 2010/078402	A1
全文全図					
JP	10-221429	A	21.08.1998	(ファミリーなし)	
CN	109696665	A	30.04.2019	(ファミリーなし)	
JP	2004-537057	A	09.12.2004	US 2005/0041529	A1
全文全図					
				WO 03/012475	A1
				EP 1412776	A1
				DE 10136981	A1
				CA 2456038	A1
CN	112505643	A	16.03.2021	(ファミリーなし)	