

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成21年5月14日 (2009.5.14)

【公表番号】特表2004-522932(P2004-522932A)

【公表日】平成16年7月29日 (2004.7.29)

【年通号数】公開・登録公報2004-029

【出願番号】特願2001-519213(P2001-519213)

【国際特許分類】

G 0 1 V 1/00 (2006.01)

B 6 0 N 2/44 (2006.01)

B 6 0 R 21/16 (2006.01)

G 0 1 S 15/08 (2006.01)

G 0 1 V 3/08 (2006.01)

G 0 1 V 3/12 (2006.01)

【 F I 】

G 0 1 V 1/00 A

B 6 0 N 2/44

B 6 0 R 21/32

G 0 1 S 15/08

G 0 1 V 3/08 D

G 0 1 V 3/12 A

【誤訳訂正書】

【提出日】平成21年3月17日 (2009.3.17)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】車両内の物体の存在及び姿勢を識別するシステムを開発する方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両の乗員用区画におけるシートの占有状態を決定するためのシステムを開発する方法であって：

車両にトランスデューサを搭載するステップ、

各々がシートの異なる専有状態を表すデータセットであって、シートが占有状態にある間にトランスデューサからデータを受信して、トランスデューサから受信したデータを処理することにより形成されている複数のデータセットを含む少なくとも一つのデータベースを作成するステップ；及び、

少なくとも一つのデータベースに基づいて、シートの占有状態を表わすデータセットを入力するとシートの占有状態を示す出力を生成することができる第 1 のアルゴリズムを作成するステップを含む方法。

【請求項 2】 前記少なくとも一つのデータベースに基づいて第 1 のアルゴリズムを生成するステップが：

アルゴリズム作成プログラムにデータベースを入力するステップ、及び、

第 1 のアルゴリズムを作成するアルゴリズム作成プログラムを実行させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 アルゴリズム作成プログラムが、ニューラルネットワークアルゴリズム

ムを作成するために実行される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】 少なくとも一つのデータベースが複数のデータベースを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】 少なくとも一つのデータベースに占有状態の異なる分配を与えるステップ

を更に含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】 第 1 のアルゴリズムにデータセットを入力して複数の出力データを得るステップ、及び

複数の出力データを組み合わせてシートの占有状態を示す新しい出力を形成するための第 2 のアルゴリズムを生成するステップ

を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】 シートの占有状態が、後ろ向きのチャイルドシート、前向きの人間、所定の位置を外れた人間、前向きのチャイルドシート、及び空のシートを含む群から選択される、物体によるシートの占有を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】 シートの占有状態が、複数の方向に向く物体による占有と、新聞、本、地図、瓶、玩具、帽子、コート、箱、鞆及び毛布を含む群から選択される少なくとも一つの付属品による占有を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】 データを処理してデータセットを形成する前にデータを前処理するステップを更に含み、前記前処理ステップが、データセット中のデータの特徴に基づいて作成されたデータを使用するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】 前記前処理ステップで使用されるデータセット中のデータの特徴が、正規化係数、ピークに先立つデータ点の数、ピークの総数、及びデータセットの平均又は分散を含む群から選択される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】 データを処理してデータセットを形成する前にデータを前処理するステップを更に含み、前記前処理ステップが、正規化、切り捨て、対数変換、シグモイド変換、閾値化、データの時間的平均化、フーリエ変換及びウェーブレット変換を含む群から選択される一又は複数を用いてデータセットを数学的に変換するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】 データを処理してデータセットを形成する前にデータを前処理するステップを更に含み、前記前処理ステップが、一のデータセットのデータを別のデータセットの対応するデータから差し引いて、差分データからなる第 3 のデータセットを作成するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】 データベースから誘導される一組の規則であって、データセットの一部がアルゴリズム作成プログラムにより処理されることを排除する一組の規則に基づいて、データセットを前処理するステップを更に含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 14】 ファジー理論の概念を用いた規則を誘導するステップを更に含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】 アルゴリズム作成プログラムへの入力から排除されたデータセットを利用して、第 2 のアルゴリズムを作成するアルゴリズム作成プログラムに入力されるデータベースを形成するステップ

を更に含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 16】 アルゴリズムの出力に、ファジー理論及びニューラルネットワークの一方の概念を適用する付加的処理を施すステップ

を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】 妥当性に関する前処理アルゴリズムにより各データセットを試験するステップ、及び

データセット中のデータが妥当性を欠く場合にデータセットを修正又は排除するステップ

を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 18】 誤差を含むデータセットを排除するようにトレーニングされたニュー

ーラルネットワークを利用するステップ
を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】 アルゴリズム作成プログラムが、少なくとも一つの計算知能システムを使用する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 20】 特定の占有状態に向けてアルゴリズムをバイアスすることにより、当該占有状態を識別する精度を向上させるステップ
を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 21】 前記処理ステップが、トランスデューサからのアナログデータをデジタルデータに変換し、複数のトランスデューサからのデジタルデータを組み合わせて各トランスデューサからのデータ列を含むベクトルを形成するステップを含み、第 1 のアルゴリズムが、新規データセットからのベクトルを入力すると車両のシート占有状態を表す出力を生成するように作成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 22】 データベースのベクトルを正規化することにより、各ベクトルを含むデータの全ての値が最大値と最小値の間に収まるようにするステップ
を更に含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】 車両の乗員用区画における車両のシート占有状態を決定するためのシステムを開発する方法であって：

乗員用区画の種々の位置における種々の占有物体を表すデータを得ることによりデータセットを作成し、データの少なくとも一部を操作して、データセットにおける最大データ値の大きさを最小データ値に対して縮小するステップ、

複数のデータセットを含むデータベースを形成するステップ、及び、

データベースに基づいて、当該シートの占有状態を表すデータセットを入力すると車両のシート占有状態を示す出力を生成することのできるアルゴリズムを生成するステップを含む方法。

【請求項 24】 データの少なくとも一部を操作するステップが、概算対数変換関数を用いるステップを含む、請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】 車両のシート占有状態を決定するためのシステムの開発に使用されるデータベースを開発する方法であって：

車両にトランスデューサを搭載するステップ；

シートに初期占有状態を与えるステップ；

トランスデューサからデータを受信するステップ；

トランスデューサからのデータを処理して車両シートの初期占有状態を表すデータセットを形成するステップ；

シートの占有状態を変化させて別のデータセットを形成するためのデータ収集ステップを繰り返すステップ；

各々が異なるシートの占有状態を表す少なくとも 1000 のデータセットを第 1 のデータベースに収集するステップ；

第 1 のデータベースに基づいて、第 1 のデータベースのデータセットの殆どのシートの占有状態を正しく識別するアルゴリズムを生成するステップ；

アルゴリズムの作成に使用されなかったデータセットからなる第 2 のデータベースを用いてアルゴリズムを試験するステップ；

アルゴリズムによって正しく識別されなかった第 2 のデータベースにおける占有状態を識別するステップ；

誤って識別された状態に類似する占有状態からなる新規データを収集するステップ；

この新規データを第 1 のデータベースと組み合わせるステップ；

組み合わせたデータベースに基づいて新規アルゴリズムを生成するステップ；及び

アルゴリズムに所望の精度が達成されるまでこのステップを繰り返すステップを含む方法。

【請求項 26】 生きている人間を使用して幾つかのシート占有状態を生成するステップ

を更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】 データの収集中に車両内部の環境条件を変動させるステップを更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 28】 前記環境条件を変動させるステップが、乗員用区画内に温度勾配を生成するステップを含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】 データ収集プロセスにパーソナルコンピュータを使用し、パーソナルコンピュータのモニタ上にデータセットを図式的に表示する、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 30】 車両の占有状態の所定の分布を生成する系統的方法の一部として参照マーカ及びゲージを使用するステップを更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 31】 シート、シートバック、ヘッドレスト、ウィンドウ、バイザー及びアームレストを含む群から選択される車両の種々の部品の位置を自動的に記録するステップを更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 32】 占有状態を変化させるステップが、データ収集プロセスの間に、シート及びシートバック等の種々の車両の部品を自動的に移動させることにより行われる、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 33】 シートの占有状態の少なくとも幾つかを自動的に写真で記録するステップを更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 34】 標準的なシート占有状態と、それに対応する予め記録されたデータセットを用いて、トランスデューサ及びデータ収集プロセスの正しい機能を確認するステップであって、標準的な占有状態のデータセットを周期的に取り込んで予め記録したデータセットと比較するステップを更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 35】 少なくとも一つのデータベースから、第 1 のアルゴリズムと組み合わせ、シートの占有状態を示す出力を生成することができる少なくとも一つの付加的なアルゴリズムを作成するステップを更に含む、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 36】 第 1 のアルゴリズム及び少なくとも一つの付加的なアルゴリズムの少なくとも一つが、シートの占有アイテムの範疇を特定し、第 1 のアルゴリズム及び少なくとも一つの付加的なアルゴリズムの他の一つが、乗員用区画内におけるシート占有アイテムの位置を決定する、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 37】 第 1 のアルゴリズム及び少なくとも一つの付加的なアルゴリズムの少なくとも一つが、多数のトレーニングサイクルのトレーニングを受けたニューラルネットワークを使用し、第 1 のアルゴリズム及び少なくとも一つの付加的なアルゴリズムの他の少なくとも一つが、実質的に少数のトレーニングサイクルのトレーニングを受けたニューラルネットワークである、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 38】 第 1 のアルゴリズム及び少なくとも一つの付加的なアルゴリズムの少なくとも一つを、少なくとも一つのデータベース中のデータのサブセットについてトレーニングし、前記アルゴリズムの他の少なくとも一つを、少なくとも一つのデータベースのデータの異なるサブセットについてトレーニングする、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 39】 まず、第 1 のアルゴリズム及び他のアルゴリズムの何れがデータセットを更に処理するかを決定する少なくとも一つの付加的なアルゴリズムの少なくとも一つに、データセットを入力する、請求項 35 に記載の方法。

【請求項 40】 車両の乗員用区画のシート占有状態を決定するためのシステムを開発する方法であって：

車両に複数の超音波トランスデューサを搭載するステップ；

各トランスデューサからアナログ信号を受信するステップ；

トランスデューサからのアナログ信号を処理して、車両の占有状態を示す各トランスデューサからの複数のデータ値からなるデータセットを形成するステップであって、前記データ処理が、デジタルデータのデータセットを生成するためにトランスデューサデータを復調、サンプリング及びデジタル化することを含むステップ；

複数のデータセットを含むデータベースを形成するステップ；及び、

データベースに基づいて、シートの占有状態を表わす新規データセットを入力すると、シートの占有状態を示す出力を生成することができる少なくとも一つのアルゴリズムを生成するステップを含む方法。

【請求項 4 1】 少なくとも一つのアルゴリズムに入力する前に新規データセットの前処理を行うことにより、当該データセットの特定の位置における一又は複数のデータ成分を削除するステップを更に含む、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 2】 削除されるデータ値が、トランスデューサから各データ収集サイクルの間に得られた第 1 のデータに対応するデータ値である、請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 3】 ニューラルネットワークを使用して、何れのデータ値がデータセットから削除されるべきかを決定するステップを更に含む、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 4】 データセットから削除されるデータ値が、エアバッグモジュールから最も離れた面からの反射に対応する、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 4 5】 超音波トランスデューサを、シートを囲む略菱形の角に取り付ける、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 6】 超音波トランスデューサを、車両のシートを囲む容積の相当部分をカバーする超音波場を生成するような向きに配置する、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 7】 トランスデューサの場の角度を、車両内の固定面外の反射を低減するように調節するステップを更に含む、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 8】 車両の乗員用区画のシート占有状態を決定するためのシステムを開発する方法であって：

車両に一組のトランスデューサを搭載するステップ；

トランスデューサからデータを受信するステップ；

トランスデューサからのデータを処理して車両の占有状態を表すデータセットを形成するステップ；

複数のデータセットを含むデータベースを作成するステップ；

データベースに基づいて、新規データセットを入力すると車両のシート占有状態を示す出力を生成することができるアルゴリズムを作成するステップ；

システム精度の基準を開発するステップ；

トランスデューサの組から少なくとも一つのトランスデューサを除去するステップ；

数を減らしたトランスデューサからのデータだけを含む新しいデータベースを生成するステップ；

新規データベースに基づいて新規アルゴリズムを開発するステップ；

新規アルゴリズムを試験して新規システムの精度を決定するステップ；及び

所望の精度を有するアルゴリズムを生成する最小数のセンサが決定されるまで、トランスデューサの除去、アルゴリズムの開発及び試験というプロセスを継続するステップを含む方法。

【請求項 4 9】 トランスデューサが、超音波トランスデューサ、電磁気センサ、光学センサ、容量センサ、重量センサ、シート位置センサ、シートバック位置センサ、シートベルトバックルセンサ、シートベルトペイアウトセンサ、赤外線センサ、誘導センサ、電界センサ及びレーダーセンサを含む群から選択される、請求項 4 8 に記載の方法。

【請求項 5 0】 車両の運転席及び助手席の占有状態を決定するためのシステムを開

発する方法であって：

異なる送信及び受信周波数を持つ超音波トランスデューサを車両内に搭載するステップ；

トランスデューサからデータを受信するステップ；

トランスデューサからのデータを処理して車両の占有状態を表すデータセットを形成するステップ；

複数のデータセットを含む少なくとも一つのデータベースを作成するステップ；及び

少なくとも一つのデータベースに基づいて、新規データセットを入力すると車両のシート占有状態を示す出力を生成することができるアルゴリズムを生成するステップを含む方法。

【請求項 5 1】 隣接する周波数を持つトランスデューサが互いの直接超音波場内に位置しない、請求項 5 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は、自動車の車内に位置する様々な物体及びそれらの部分の感知、検出、モニタリング及び/又は識別の分野に関する。本発明は、車内のシート内の物体の存在、及び場合によっては当該物体の方向を検出することにより、車両の占有状況を評価するシステムを開発するための、効率的で、信頼性の高い方法に特に関する。この場合、例えば、車両内の、エアバッグのような乗員保護装置の展開と相互作用できる場所に配置された後ろ向きのチャイルドシート(RFC S)、及び/又は所定の位置から外れた占有物の検出が行われる。結果として得られるシステムは、衝突の際に衝突力自体より乗員保護装置の展開が乗員に大きな傷害を与え得るとき、乗員保護装置の展開を制御及び選択的に抑制することを可能にする。これは、部分的には、システムのトランスデューサの特定の配置、パターン認識システムの使用、可能であればニューラルネットワーク、及び/又はトランスデューサからの信号の新規分析の使用により達成される。

【0002】

新しい自動車モデルへの乗員位置センサの適用は、アプリケーション・エンジニアリングと呼ばれる。乗員センサのアプリケーション・エンジニアリングは、トランスデューサの位置決定、トランスデューサホルダーの設計、配線レイアウトの決定、トランスデューサの位置及び角度に対する許容差試験の実行、特定の車両モデルの回路設計、車両の電子装置への回路の接続又は統合、電子システム、及び特定の車両モデルへの乗員センサシステムの適合を含む。

アプリケーション・エンジニアリングの上記の態様はすべて、システム適応を例外として、新しい車両モデルに対する任意の電子装置のアプリケーション・エンジニアリングと大きく異なることのない標準的プロセスである。しかしながら、本システム適応は、それが特定の車両に最適化されるシステムを作成するために、高度な技術と専門知識、並びに新規技術の使用を必要とするという点で独特である。

【0003】

(発明の背景)

乗員の大きさと位置、及び事故の大きさに応じて、エアバッグに流れる、又はエアバッグから流れるガスの量を調節するポンプがある。特に米国特許第 5 8 2 9 7 8 2 号及び同第 5 9 4 3 2 9 5 号に開示される車両の識別及びモニタリング・システム(VIMS)は、車両の乗員、又は後向きのチャイルドシートの存在及び位置に基づいたそのような空気入れポンプを制御する。本発明は、特定の車両モデルに車両内部モニタリング・システムを適応させて、高いシステム精度、及び後述で詳しく説明する信頼性を達成する方法に関する。

【0004】

乗員の識別と位置、並びに衝突の激しさに基づくエアバッグの展開レートの自動調節は、「スマートエアバッグ」と命名されている。スマートエアバッグ開発の中心は、本出願

人の特許及び特許出願に記載の乗員識別及び位置決定システムと、本明細書に記載の、それらシステムを特定の車両モデルに適用するための方法である。スマートエアバッグの開発を完成するために、1994年5月23日出願の米国特許出願番号第03/247760号に開示されているような予測される衝突の検知システムも望ましい。予期される衝突の感知を実施する前に、衝突の種類、つまり衝突初期の加速シグネチャーに基づいた事故の激しさを識別するスマート衝突センサを開発し、実施しなければならない。米国特許第5684701号(Breed)には、ニューラルネットワークに基づいた衝突センサが記載されている。この衝突センサは、他のあらゆる衝突センサと同様に、衝突がエアバッグの展開を必要とするのに十分に激しいかどうかを判断し、十分に激しい場合、展開を開始する。スマートエアバッグ衝突センサに基づくニューラルネットワークは、衝突を識別して激しさに関して分類することにより、乗員の特性及び位置だけでなく、衝突自体の激しさ及びタイミングに適合するエアバッグの展開を可能にするように設計することもできる(これは、米国特許第5943295号に記載されている)。

【0005】

先行技術として、米国特許第5071160(White等)、同第5074583(Fujita等)及び同第5118134(Matties等)に言及する。しかしながら、これらの特許文献では、トランスデューサの位置を決定し、システムが車両内の物体を正確に識別及び位置決定することを可能にするアルゴリズム又はその他のシステム・パラメーターを獲得する方法については言及されていない。対照的に、本発明の一実施例では、対象の乗員用区画の容積全体に対応する数ミリ秒間に亘って返って来る、超音波エコー・パターンを、複数のトランスデューサから、場合によっては他のトランスデューサからの出力と組み合わせて分析し、乗員用区画を占めるアイテム上の多数のポイントまでの距離情報を供給する。

【0006】

この発明の教示の多くは、多数の教科書及び専門的論文に教示されるようなパターン認識技術に基づく。この発明の診断技術の中心は、診断モジュールが異常なパターンと正常なパターンとを区別する方法、及び利用可能な莫大な量のデータから使用するデータを決定する方法である。これは、人工ニューラルネットワークのようなパターン認識技術及びトレーニングを使用して達成される。多数の実施例を含むニューラルネットワークの理論は、この主題に関する複数の書籍に見出すことができ、それらには、Techniques And Application Of Neural Networks, edited by Taylor, M. and Lisboa, P., Ellis Horwood, West Sussex, England, 1993; Naturally Intelligent Systems, by Caudill, M. and Butler, C., MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1990; J. M. Zaruda, Introduction to Artificial Neural Systems, West publishing Co., N.Y., 1992 and, Digital Neural Networks, by Kung, S. Y., PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993, Eberhart, R., Simpson, P. and Dobbins, R., Computational Intelligence PC Tools, Academic Press, Inc., 1996, Orlando, Floridaが含まれる。これらの文献の全ては、参照により本明細書に包含する。ニューラルネットワーク・パターン認識技術は、パターン認識技術の中でも最先端技術の一つである。

【0007】

パターン認識の使用、又は具体的にはパターン認識の使用方法は、本発明の要である。上記に引用した先行技術では、本発明の出願人と同一の出願人によるものを除き、ニューラルネットワークワークの使用によって実現されるような、トレーニングに基づくパターン認識の、車両の内部乗員用区画又は外部環境のモニタリングのための使用は言及されていない。従って、乗用車にそのようなシステムを適用するために使用される方法も言及されていない。

【0008】

本明細書において使用される「パターン認識」とは、一般に、物体によって生成される信号(例えば、その物体に特異的な物理的特性、及び/又は物体の特徴及び/又は物体の表示)、或いは物体と相互作用することによって変調した信号を処理して、一組の分類の

うちのいずれに当該物体が属するかを決定するあらゆるシステムを意味する。そのようなシステムは、物体が特定の一分類に含まれるか否かだけを決定することができるか、多数個の分類からなる組の中の一つの特定の分類に当該物体を割り当てることができるか、又は、そのような組に含まれる分類のいずれにも分類されないことを発見することができる。処理される信号は、一般に、音響波（超音波）又は電磁放射（例えば、可視光、赤外線、キャパシタンス、又は電界及び磁界）に対して感受性のトランスデューサから到来する一連の電気信号であるが、他の情報源も頻繁に含まれる。パターン認識システムは一般に、パターンが認識されることを可能にする一組の規則を作成する。これらの規則は、ファジー理論システム、統計的相関、又はセンサ融合方法論により、並びにニューラルネットワークのようなトレーニングされたパターン認識システムにより、作成することができる。

【 0 0 0 9 】

本明細書で使用されるトレーニング可能なパターン認識システム、又はトレーニングされたパターン認識システムは、システムに様々な例を体験させることにより信号内に構成された様々なパターンを認識することを学習できるパターン認識システムを意味する。最も成功したそのようなシステムはニューラルネットワークである。従って、パターン認識アルゴリズムを生成するために、物体から（或いは乗員用区画内で物体が配置される空間から、つまりシート上の空間から）戻ってきた波又は波のパターンからなる複数の組から構成されるテスト・データを最初に得る（例えば、多数の異なる物体を試験して各物体に固有の波のパターンを得る）。このようにして、アルゴリズムが生成されてコンピューター・プロセッサに格納される。このアルゴリズムを後で使用し、プロセッサに接続された受信機によって使用される間に受信された波のパターン及びその他の情報に基づいて物体を識別することができる。本明細書における目的のために、物体の識別は、物体自体だけでなく、乗員用区画におけるその位置及び／又は方向についても行われる場合がある。例えば、後ろ向きのチャイルドシートは、前向きのチャイルドシートとは異なる物体であり、所定の位置から外れた成人は、正規の位置に座っている成人とは異なる物体である。

【 0 0 1 0 】

本明細書において「識別する」とは、一般に、特定の組又は分類に物体が属することを決定することを意味する。分類とは、システムの目的に応じて、例えば、後ろ向きのチャイルドシート全てを含む一分類、全ての乗員を含む一分類、又は後ろ向きのチャイルドシートに座っていない全ての乗員を含む一分類、とすることができる。特定の人を識別しようとする場合、この組又は分類は、単一の要素、つまり識別対象者のみを含む。

車両内の「物体」、或いは座席の「占有者」（乗員）又は「占有物」とは、人又は犬等の生物、植物などの別の生きた有機体、或いは食料品店の箱又は袋、或いは空のチャイルドシートなどの無生物である。

【 0 0 1 1 】

乗員に使用されている「所定の位置から外れた」という表現は、通常、ドライバー又はパセンジャーが、展開前の乗員保護装置（エアバッグ）に接近し過ぎていることにより、事故よりも、その展開自体によってより大きな傷害を負う危険が大きいことを意味する。この表現はまた、エアバッグの展開の有益な抑制効果を達成するためには乗員が適切に位置していないことを意味する場合もある。エアバッグに接近し過ぎている乗員に関しては、この状態は、乗員の頭又は胸が、エアバッグモジュールの展開ドアから何らかの距離、例えば約 5 インチ以内に接近している場合に典型的に生じる。エアバッグの展開が抑制される実際の距離の値はエアバッグモジュールの設計に依存し、ドライバー用エアバッグよりパセンジャー用エアバッグの方が大きい。

【 0 0 1 2 】

本明細書で使用される「トランスデューサ」は一般に、発信機及び受信機の組み合わせを意味する。同じ装置を発信機兼受信機として使用する場合もあれば、互いに隣接する別個の二つの装置を使用する場合もある。場合によっては、送信機が使用されず、その場合

にはトランスデューサは受信機だけを意味する。トランスデューサは、例えば、容量性装置、誘導性装置、超音波装置、電磁気装置（アンテナ、ＣＣＤ、ＣＭＯＳ配列）、重量測定装置又は感知装置を含む。

【 0 0 1 3 】

本明細書で使用される「適応（適合）」とは、特定の車両モデル用に特定の乗員を感知するシステムを設計及び配置する方法を表わす。この表現は、様々なトランスデューサの数、種類及び位置の決定を行うプロセスのようなものを含んでいる。パターン認識システムについては、この表現は、パターン認識システムが所望のパターンを学習するプロセスを含んでいる。これに関し、当該表現は、通常、（１）トレーニング方法、（２）特定のシステム、或いはニューラルネットワークの場合、選択される特定のネットワークアーキテクチャのトレーニング、試験、及び確認に使用されるデータベースの組立て、（３）環境の影響をシステムに取り込むプロセス、及び（４）データの前処理又はパターン認識システムの結果の後処理を決定する何らかの方法を含む。上に列挙したものは例示的なものであって、限定的なものではない。基本的に、適応とは、トランスデューサ及び他の情報源を特定の車両に適合させて、車両内の乗員又は他の物体の位置を正確に識別及び決定するシステムを作成するために行われる全てのステップを含む。

【 0 0 1 4 】

本明細書の予測感知に関する記載において、物体又は別の車両に関して使用される「接近する」という表現は、通常、予測感知システムを有する車両に向かう物体の相対的な動きを意味する。つまり、木が側面に衝突するとき、木は車両の側面に接近し、車両に衝突するものと考慮される。換言すれば、一般に使用される座標系は、目標手段に合わせた座標系である。「目標」車両は、衝突されている車両である。このように規定することにより、一般的な記載内容が全ての場合、即ち、（i）走行中の車両が静止車両の側面に衝突する場合、（i i）衝突時に両方の車両が移動している場合、又は（i i i）車両が横向きに静止車両、木又は壁に向かって移動する場合を網羅することができる。また、本願明細書における目的のために、「波センサ」又は「波トランスデューサ」は、超音波又は電磁波を感知するあらゆる装置を意味する。例えば、電磁波センサは、紫外線から数ヘルツの電磁スペクトルの何らかの部分を検出する装置を含む。最も一般的に用いられる種類の電磁波センサは、可視及び／又は赤外線、ミリ波及びマイクロ波レーダーを検出するＣＣＤ及びＣＭＯＳアレイと、スペースを占有している物体の誘電率に依存する容量性又は電氣的な磁界をモニタするセンサとを含む。これに関し、例えばKithil等による米国特許第５３６６２４１号、同第５６０２７３４号、同第５６９１６９３号、同第５８０２４７９号及び同第５８４４４８６号及びJinno等による同第５９４８０３１号を参照することができる。

【 0 0 1 5 】

ニューラルネットワーク又はニューラル・ファジー・システムの、パターン認識技術としての使用法、及びこれを特定の車両に適応させる方法、例えばトレーニング方法は、モニタリング・システムを強健、信頼性が高く、正確にするので、本発明にとって重要である。ニューラルネットワーク・プログラムによって作成された結果として得られるアルゴリズムは、通常、Ｃコンピュータ言語で記述される数百行のコードだけであり、一般に、米国特許第５００８９４６号（A n d o）、同第５２９８７３２号（C h e n）及び同第５３０５０１２号（F a r i s）の技術が実行される場合より行数が少ない。その結果、結果として得られるシステムは、低コストで実施することが容易であり、自動車に利用するのに実用的である。例えば、超音波トランスデューサのコストは、年間百万の数量で約１ドル未満と予測される。同様に、上述した特許の技術の実施は高価なマイクロプロセッサを必要とし、一方、ニューラルネットワーク及び類似のトレーニング可能なパターン認識技術を用いた実施により、低コストのマイクロプロセッサの使用が可能になり、このコストは概して年間百万の数量で約５ドル未満である。

【 0 0 1 6 】

本発明は、ニューラルネットワークのようなトレーニング可能なパターン認識アルゴリ

ズムを開発する、精巧なソフトウェアを使用する。通常、後述のように、様々な特徴抽出技術を使用してデータは前処理され、結果はシステムの精度を向上させるために後処理される。ソナー信号にニューラルネットワークを使用するそのようなパターン認識システムの自動車用以外の例は、二つの非特許文献、即ちGorman, R. P. and Sejnowski, T. J. "Analysis of Hidden Units in a Layered Network Trained to Classify Sonar Targets", Neural Networks, Vol. 1. pp. 75-89, 1988、並びに"Learned Classification of Sonar Targets Using a Massively Parallel Network", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 36, No. 7, July 1988に記載されている。特徴抽出技術の例は、米国特許第4906940号、表題"Process and Apparatus for the Automatic Detection and Extraction of Features in Images and Displays"(Green等)に見ることができる。他の更に高度且つ効率の良いパターン認識技術の例は、米国特許第5517667号、表題"Artificial Neuron and Method of Using Same"及び同第5517667号、表題"Neural Network That Does Not Require Repetitive Training"(Wang, S. T.)に見ることができる。他の例には、米国特許第5235339(Morrison等)、同第5214744(Schweizer等)、同第5181254(Schweizer等)、及び同第4881270(Knecht等)が含まれる。

一般に、レーザー及び非レーザーの光学システムは共に、画像2次元平面内の物体の位置決定に適しており、走査モードにおけるパルス・レーザー・レーダー・システムは、レンジゲATING技術を用いて飛行時間を測定することにより、画像の各部分の受信者からの距離を決定することができる。また、焦点合わせにより、或いは互いに離間した二つの受信者がいる場合は立体画法的により、非レーザーシステムを用いて距離を決定することが可能であり、場合によっては、単に視野内の位置を使用して、例えばエアバッグに対する位置を推定することができる。最後に、最近開発された量子ウェル・ダイオード・レーザーも、1998年12月31日出願の米国特許仮出願シリアル番号第60/114507号に記載されているように低コストの距離測定を提供する。

【0017】

また、音の速度が比較的小さいことにより、単純な電子回路を設計することができ、且つ最小限のマイクロプロセッサ能力しか必要としないので、音響システムは距離測定値に非常に効果的である。トランスデューサから占有者までをz軸とする座標系を使用する場合、音響学はz方向の測定に適しており、単一のCCD又はCMOSアレイを用いた単一の光学系がx方向及びy方向の測定に適している。従って、米国特許第5845000号及び同第5835613号に共通に記載されているように、音響学と光学の組み合わせにより、一箇所からの3方向全ての測定が安価な構成部品により可能になる。

【0018】

これらの考え方を使用したシステムの一実施例は、助手席を赤外線照明であふれさせる光学系であり、これには、反射光を受信して表示するレンズ及び受信機アレイ、例えばCCD又はCMOSアレイと、CCD又はCMOSの出力をデジタル化してそれを分析するために人工ニューラルネットワーク(ANN)又は他のパターン認識システムに供給するAD変換器(ADC)が連結される。このシステムは、助手席に位置する物体までの距離を測定するための超音波送信機及び受信機を使用する。受信トランスデューサはそのデータをADCに供給し、そこから変換されたデータがANNに導かれる。同じANNを両方のシステムに使用して、ANNに分析用の完全な三次元データを供給することができる。このシステムは、低コストの構成要素を使用して、単独ではいずれのシステムにも不可能な、正確な識別及び距離測定を可能にする。段階的なアレイシステムがシステムの音響部に加えられる場合、例えば、光学部分はドライバーの耳の位置を決定することができ、段階的アレイは細い光線をその位置に導いて、占有者の耳までの距離を決定することができる。

【0019】

距離測定のための超音波の使用は多くの利点を有するが、いくつかの欠点もある。第1

に、音速により、乗員の位置の更新が約 10 ミリ秒に制限される。これは、多くの場合満足のゆくものであるが、車両の衝突の間の乗員の位置を追跡する場合は許容される限界である。第 2 に、超音波は、ヒーター又は空調装置が使用されている場合、或いはトランスデューサを通過する高速の空気流がある場合に生じ得る空気密度の変化によって回折する。第 3 に、超音波は、波長及び Q 値の高いデバイスであるトランスデューサにより、分解能が制限される。典型的には、超音波の分解能は、約 2 ~ 3 インチである。最後に、超音波トランスデューサからのフィールドは制御が困難であるので、不要な物体又は表面からの反射によりデータに雑音が加わる。

【0020】

上記の特許及び特許出願、特に米国特許第 5943295 号に記載されているように、自動車の乗員用区画内部のモニタリングを行う複数の構成に超音波だけを使用することができる。本発明の教示を使用して、超音波及び / 又は光学トランスデューサの最適な数と位置を、特別な車両モデルへの適応プロセスの一部として決定することができる。

本発明の場合、後述で詳細に説明するように、使用されるトランスデューサの数にかかわらず、トレーニングされたパターン認識システムは、上述で定義されるように、照射される物体及びその構成要素を識別及び分類するために、場合によっては位置を決定するために、使用される。

【0021】

この技術の用途は多い。しかしながら、本発明の焦点は、上述の特許及び特許出願のシステムを、占有された後向きのチャイルドシートの存在の検知、又は所定の位置から外れた乗員の検知、並びに正常な座位にある乗員の検知に適応させる方法及びその結果得られる装置である。本システムは、前の二つについては、乗員保護装置（エアバッグ）の展開を制御し、場合によっては抑制できるように、後者については、制御及び抑制が可能になるように、設計される。

【0022】

ここに提示される技術を使用して様々な車両モデルに適応されている、第 1 世代の乗員感知システムの好ましい一実施例は、超音波を用いた乗員位置センサである。このシステムは、パターンを認識するために人工ニューラルネットワーク（ANN）を使用しており、それは、エアバッグが使用可能な条件又はエアバッグが使用不能な条件を識別するようにトレーニングされたものである。パターンは、助手席エリアをカバーする四つの超音波トランスデューサから得られる。このパターンは、助手席エリア内の物体からはねかえった超音波エコーからなる。四台のトランスデューサの各々からの信号は、戻りエコーの電気的なイメージから成り、それらは電子工学機器によって処理される。電子工学機器による処理は、信号の増幅、対数圧縮、整流及び復調（バンドパスフィルタリング）の後、離散化（サンプリング）及びデジタル化を行うことを含む。人工ニューラルネットワークにこの信号を供給する前に必要なソフトウェア処理は、正規化（つまり、入力を 0 と 1 にマッピングすること）である。これは大量の処理であるが、結果として得られる信号は、全ての情報が等しく扱われるために依然として「生」であると考えられる。

【0023】

（本発明の目的及び概要）

一般に、本発明の目的は、車両内の物体の存在、位置及び / 又は姿勢を識別するための新規で改善された方法を提供することである。

本発明の他の広義の目的は、エアバッグが展開されると後ろ向きのチャイルドシートに衝撃を与える場合、エアバッグ等の乗員保護装置が展開するのを防ぐために、占有された後ろ向きチャイルドシートの存在を正確に検出するためのシステムを提供することである。

また本発明の他の広義の目的は、エアバッグがその初期展開段階の間に乗員の頭又は胸を圧迫して乗員を傷つけるか又は死亡させる可能性がある場合、エアバッグ等の一又は複数の乗員保護装置が展開するのを防ぐために、所定の位置から外れた乗員の存在を正確に検出するシステムを提供することである。

【 0 0 2 4 】

この発明は、乗員用区画内において、乗員の体の部分及び他の物体を含む占有者／占有物、特に後ろ向きの占有されたチャイルドシート又は所定の位置から外れた占有者を、超音波又は電磁波で車両内部を照射し、例えば波発生装置からの照射をシートの上部空間に伝達し、車両乗員用区画の特定の最適位置に予め正しく配置した2以上のトランスデューサを用いてシート上部空間を通ることにより変調した照射を受信することによって識別、位置決め、及び監視するシステムである。具体的には、本発明は、適当に配置され取り付けられた複数のトランスデューサを含み、これらのトランスデューサが波を変調させる任意の物体から受信した照射を分析することにより、これまで不可能であった正確な識別を達成するシステムに関する。受信機からの出力は、内容物を分類、識別及び／又は位置決めし、及び／又は例えば後ろ向きチャイルドシートの向きを決定するために、トレーニングされたパターン認識技術を用いた適当な計算手段によって分析される。一般に、識別及び監視システムによって得られた情報は、車両内の他の何らかのシステム、コンポーネント又は装置、特に搭乗者及び／又はドライバーエアバッグシステムの操作に影響を与えるように使用され、このエアバッグは、フロントエアバッグ、サイドエアバッグ、膝クッション、又はそれらの組み合わせを含みうる。しかしながら、得られた情報は、他の複数の車両システムの操作を制御するか又はその操作に影響を与えるために使用することもできる。

【 0 0 2 5 】

本発明による車両内部監視システムは、膨張式エアバッグなどの乗員保護装置を備えた自動車車両の乗員用区画に搭載され、保護装置が展開すべきであると衝突センサが決定するのに十分な激しさで車両が衝突すると、システムは、チャイルドシートに後ろ向きに位置する子供が存在するか否かを（通常は展開に先立って）決定し、存在する場合、信号が制御回路に送られてエアバッグが制御され、衝突において展開不能にされるか展開しない。展開を阻害する代わりに、占有された後ろ向きのチャイルドシートに有意な保護を与えるように展開を制御することができることを理解されたい。本発明の教示を用いて開発されたシステムはまた、エアバッグに対する車両乗員の位置を決定し、エアバッグの展開によって乗員が怪我をする可能性がある位置にいる場合、エアバッグを制御して、展開を不可能にすることができる。上記のように、展開は不可能にする必要はなく、所定の位置から外れた乗員を保護するように制御することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明による方法の本質的な目的及び利点は以下のとおりである：

- 1．自動車の特定のシートにおける後ろ向きのチャイルドシートの存在を認識するためのシステムを開発し、且つ適合させる信頼できる方法を提供すること。
- 2．自動車の特定のシートにおける人間の存在を認識するためのシステムを開発して適合させる信頼できる方法を提供すること。
- 3．自動車における乗員の位置、速度又は大きさを決定するためのシステムを開発して適合させる信頼できる方法を提供すること。
- 4．乗員が所定の位置から外れているか、又は外れようとしており、展開したエアバッグにより怪我をしそうであることを適時に決定するためのシステムを開発して適合させる信頼できる方法を提供すること。
- 5．乗員用区画内部の特定の位置にトランスデューサを配置することにより、トランスデューサによって生成される信号から物体の分類及びそれらの位置が非常に正確に得られる方法を提供すること。
- 6．シートベルトペイアウトセンサ、シートベルトバックルセンサ、シート位置センサ、シートバック位置センサ、及び重量センサを含む種々のトランスデューサをシステムに組み込み、電磁気、超音波又は他の照射センサと組み合わせて使用すると、非常に正確な乗員の有無及び位置確認システムとなるように前記システムを適合させる方法を提供すること。

【 0 0 2 7 】

従って、車両の乗員用区画におけるシートの占有状態を決定するためのシステムを開発する方法の第1の実施態様は、車両内に、シートの占有状態の影響を受けるトランスデューサを取り付けるステップ、各々が異なるシートの専有状態を表し、且つシートが当該専有状態にある間にトランスデューサからデータを受信してトランスデューサからのデータを処理することにより形成される、複数のデータセットを含む少なくとも一つのデータベースを形成するステップ、及び前記データベースから、シートの占有状態を表わす新規データセットを入力するとシートの占有状態を示す出力を生成できる第1のアルゴリズムを作成するステップを含む。新規データセットは、例えばアルゴリズムが車両の制御回路にインストールされた後に車両を使用している間に形成される。第1のアルゴリズムは、アルゴリズム作成プログラムにデータベースを入力し、そして第1のアルゴリズムを作成するアルゴリズム作成プログラムを実行させることにより作成できる。第1のアルゴリズムはニューラルネットワークアルゴリズムとすることができ、その場合、ニューラルネットワークアルゴリズムを作成する際に誤差逆伝播法を使用できる。

【0028】

シートの占有状態は、占有された又は占有されていない後ろ向き乳児シート、前向き人間、所定の位置から外れた人間、占有された又は占有されていない前向きチャイルドシート、及び空のシートを含む群から選択される物体によるシートの占有を含む。またシートの占有状態は、複数の方向に向く物体及び/又は新聞、本、地図、瓶、玩具、帽子、コート、箱、鞆及び毛布を含む非限定的な群から選択される少なくとも一つの付属品を有する物体による占有を含む。

データは、データセットに形成される前に前処理してもよい。これには、データセットのデータの特徴から作成されたデータを使用してもよく、この特徴は、正規化係数、ピークに先立つデータ点の数、ピークの総数、及びデータセットの平均又は分散を含む群から選択することができる。また、データセットは、正規化、切り捨て、対数変換、シグモイド変換、閾値化、データの時間平均、フーリエ変換及び/又はウェーブレット変換を用いて数学的に変換することができる。更に、前処理では、一のデータセットのデータを他のデータセットの対応するデータから差し引いて、差分データからなる第3のデータセットを作成することができる。

【0029】

処理ステップは、トランスデューサからのアナログデータをデジタルデータに変換し、複数のトランスデューサからのデジタルデータを組み合わせて各トランスデューサからのデータ列を含むベクトルを形成するステップを含んでもよい。その場合、第1のアルゴリズムは、新規データセットからベクトルを入力すると、車両のシート占有状態を表す出力が生成されるように作成される。データベースのベクトルを正規化し、各ベクトルを含むデータの全ての値を最大値と最小値の間におさめることができる。

車両の乗員用区画における車両のシート占有状態を決定するためのシステムを開発する別の方法は、乗員用区画の種々の位置における種々の占有物体を表すデータを得ることによりデータセットを作成し、データの少なくとも一部を操作してデータセットにおける最小データ値に対する最大データ値の大きさを縮小し、複数のデータセットを含むデータベースを形成するステップ、及びデータベースから、当該シートの占有状態を表すデータセットを入力すると車両のシート占有状態を示す出力を生成できるアルゴリズムを作成するステップを含む。データの操作には、概算対数変換関数を用いることができる。

【0030】

本発明による、車両のシート占有状態を決定するためのシステムの開発に使用するデータベースを開発する方法は、車両内に、シートの占有状態の影響を受けるトランスデューサを取り付けるステップ、シートに初期占有状態を与えるステップ、トランスデューサからデータを受信するステップ、トランスデューサからのデータを処理して車両シートの初期占有状態を表すデータセットを形成するステップ、シートの占有状態を変更し、データ収集プロセスを繰り返して別のデータセットを形成するステップ、各々が異なるシートの占有状態を表す少なくとも1000のデータセットを第1のデータベースに収集するステ

ップ、及び第1のデータベースから、第1のデータベースのデータセットの殆どについてシート占有状態を正しく識別するアルゴリズムを作成するステップを含む。アルゴリズムの作成に使用しなかったデータセットからなる第2のデータベースを用いてアルゴリズムを試験する。アルゴリズムによって正しく決定されなかった第2のデータベース内の占有状態が識別され、正しく決定されなかった状態に類似する占有状態を含む新たなデータが収集される。新たなデータを第1のデータベースと組み合わせ、組み合わせたデータベースに基づいて新たなアルゴリズムを作成し、そしてこのステップをアルゴリズムに所望の精度が達成されるまで繰り返す。

【0031】

車両の乗員用区画のシート占有状態を決定するためのシステムを開発する別の方法は、車両に複数の超音波トランスデューサ（これらのトランスデューサはシート占有状態の影響を受ける）を取り付けるステップ、各トランスデューサからアナログ信号を受信するステップ、トランスデューサからのアナログ信号を処理し、車両占有状態を示す各トランスデューサからの複数のデータ値を含むデータセットを形成するステップであって、前記データ処理が、デジタルデータのデータセットを生成するためのトランスデューサデータの復調、サンプリング及びデジタル化のステップを含むステップ、複数のデータセットを含むデータベースを形成するステップ、及びデータベースから、シート占有状態を表す新規データセットを入力すると、シート占有状態を示す出力を生成することができる少なくとも一つのアルゴリズムを作成するステップを含む。

【0032】

車両の乗員用区画内の車両のシート占有状態を決定するためのシステムを開発する更に別の方法は、車両に一組のトランスデューサを取り付けるステップ、トランスデューサからデータを受信するステップ、トランスデューサからのデータを処理して車両占有状態を表すデータセットを形成するステップ、複数のデータセットを含むデータベースを作成するステップ、データベースから、新規データセットを入力すると、車両のシート占有状態を示す出力を生成できるアルゴリズムを作成するステップ、及びシステム精度の基準を開発するステップを含む。トランスデューサのセットから少なくとも一つのトランスデューサを除去し、減少した数のトランスデューサからのみのデータを含む新しいデータベースを作成し、新しいデータベースに基づいた新しいアルゴリズムを開発し、そして新規システム精度を決定するための試験を行う。トランスデューサ除去、アルゴリズム開発及び試験のプロセスは、所望の精度を有するアルゴリズムが生成される最小数のセンサが決定されるまで継続する。トランスデューサは、超音波トランスデューサ、光学センサ、容量センサ、重量センサ、シート位置センサ、シートバック位置センサ、シートベルトバックルセンサ、シートベルトペイアウトセンサ、赤外線センサ、誘導センサ、及びレーダーセンサを含む群から選択される。

【0033】

車両の運転席及び助手席の占有状態を決定するためのシステムを開発する更に別の方法は、異なる送信及び受信周波数を持つ超音波トランスデューサを車両内に取り付け、隣接し合う周波数を有するトランスデューサが互いの超音波域に直接入らないように配置するステップ、トランスデューサからデータを受信するステップ、トランスデューサからのデータを処理して車両占有状態を表すデータセットを形成するステップ、複数のデータセットを含む少なくとも一つのデータベースを作成するステップ、及び前記少なくとも一つのデータベースから、新規データセットを入力すると車両のシート占有状態を示す出力を生成できるアルゴリズムを作成するステップを含む。

これら及び他の目的及び利点は、本発明の車両識別及び監視システムの好ましい実施態様に関する以下の説明から明らかになるであろう。

添付の図面は、本発明の教示を用いて開発又は適合されたシステムの実施態様の例示であり、特許請求の範囲に包含される本発明の範囲を制限するものでない。特に、以下の例示は、システムの説明を目的とした助手席の監視に限られる。当然のことながら、本発明は、車両内の他の着席位置、特にドライバー位置に、システムを適合させることにも適用

される。

【 0 0 3 4 】

(好ましい実施態様の詳細な説明)

システムの適合は、特定の車両のハードウェア構成及びソフトウェアアルゴリズムを決定するプロセスを含む。各車両モデル又はプラットフォームは、異なるハードウェア構成及び異なるアルゴリズムを持つ可能性が高い。このプロセスを構成する種々の態様は以下の通りである：

- ・トランスデューサの取り付け位置及び照準の決定。
- ・トランスデューサの場の角度の決定。
- ・アルゴリズム作成を補助するためにNeuralWare社から市販されているもの等のニューラルネットワークアルゴリズム作成プログラムの使用。
- ・ニューラルネットワークのトレーニングを目的とする車両に関するデータ収集のプロセス。
- ・データ収集の間に車両の座席等を自動的に動かす方法。
- ・高いシステム精度を達成するのに必要な獲得すべきデータ量及びセットアップ（典型的には数十万ベクトル）の決定。
- ・温度勾配などの変動する環境条件の中でのデータの収集。
- ・各データセットアップの写真撮影。
- ・異なるデータベースの構成及び三つの異なるデータベースの使用。
- ・前向きの人間に与えられる確率を高めるためにデータにバイアスをかける方法。
- ・データの完全性の保証を助けるための、座席、シートバック、ヘッドレスト、ウィンドウ、バイザー、アームレスト位置を含む車両セットアップの自動的な記録。
- ・トランスデューサ構成が変わっていないことを確認するためのデイレースセットアップの使用。
- ・悪いデータをデータベースから削除する方法。
- ・トレーニングステップへのデータのフーリエ変換及び他の前処理の導入。
- ・例えば分類及び位置に関する複数のネットワークレベルの使用。
- ・複数のネットワークの平行使用。
- ・処理後フィルタの使用及びこれらのフィルタの特性。
- ・ファジー理論及び他の人間知能に基づく規則の付加。
- ・例えばニューラルネットワークを用いたベクトル誤差の修正方法。
- ・パターン認識アルゴリズム作成システムとしてのニューラルワークの使用。
- ・トレーニングに基づく誤差逆伝播ニューラルネットワークの使用。
- ・ベクトル正規化の使用。
- ・以下を含む特徴抽出技術の使用：
 - ・ピーク前のデータ点の数。
 - ・正規化係数。
 - ・ピークの総数。
 - ・ベクトル平均及び偏差。
- ・遺伝的アルゴリズムなどの他の計算知能システムの使用。
- ・データスクリーニング技術の使用。
- ・新旧ネットワークの概念を含む安定なネットワークの開発に使用される技術。
- ・安定なネットワークに到達に掛かった時間又は繰り返し数、及び安定なネットワークに到達する方法。
- ・最初に 1 6 シート等の少量のデータを収集し、次いで完全なデータを収集する技術。

【 0 0 3 5 】

システムを車両に適合させるステップは、車両モデルの調査から開始される。存在するあらゆるセンサ、例えば座席位置センサ、シートバックセンサ等は、システムに導入されるものとして真っ先に挙がる候補である。消費者からの情報により、どのようなタイプのセンサが最終システムに許容可能かが決定されるであろう。これらのセンサは、座席構造

に取り付けられた重量センサ、パッド型重量センサ、圧力型重量センサ、座席前又は後位置センサ、座席垂直位置センサ、座席角度位置センサ、シートバック位置センサ、ヘッドレスト位置センサ、超音波乗員センサ、光学乗員センサ、容量センサ、誘導センサ、レーダーセンサ、車両速度及び加速度センサ、ブレーキ圧、シートベルト力、ペイアウト及びバックルセンサ等を含む。次いで候補となるセンサアレイが選択され、車両に取り付けられる。

また、車両は人間によるデータ入力を最小にするように構成される。よって、座席、窓、サンバイザー、アームレストなどの車両の種々の部材の位置は自動的に記録される。また、データを取り込んでいる間の乗員の位置は、直接超音波範囲センサ、光学範囲センサ、レーダー範囲センサ、光学トラッキングセンサ等の種々の技術を介して完全に記録される。収集された時点、又は何らかの適当な頻度で、データの各ベクトルに対応するセットアップの写真を撮るために、カメラも設置される。

【 0 0 3 6 】

車両セットアップの標準的な組は、最初の試験的なデータ収集目的のために選択される。典型的には、最初は試験的に 2 0 , 0 0 0 ~ 1 0 0 , 0 0 0 個の組が収集される。

ここで、試験セットアップマトリクスのために最初のデジタルデータ収集を進める。データはトランスデューサから収集され、デジタル化され、組み合わされて、ニューラルネットワーク・プログラムによる分析のための入力データのベクトルが形成される。このような分析は、1 0 0 % に近いトレーニング精度を産まなければならない。これが達成されない場合、システムに付加的なセンサを追加するか、配置を変化させて、データ収集と分析を繰り返す。

乗員用区画における物体の種々の着席状態に加えて、試験データベースは、加熱ランプ、並びにエアーコンディショナー及びヒーターの運転によって生ずる温度勾配のような環境効果を含む。そのようなマトリクスのサンプルを捕捉 1 に示す。ニューラルネットワークのトレーニングが試験データベース上で行われた後、試験データベースは誤差を含む結果を生ずるベクトル（それは悪いデータと考えられる）についてスキャンされる。これらのベクトルと、時間的に関連するベクトルとの研究が写真と比較され、誤差データが存在するか否かが決定される。存在する場合、誤差データの原因を決定する努力がなされる。原因が見出され、例えば電力ライン上の電圧スパイクによりデータが破壊された場合には、当該ベクトルをデータベースから削除し、データ収集プロセスを修正して、このような障害を除去する努力がなされる。

【 0 0 3 7 】

このとき、幾つかのセンサをセンサマトリクスから除外してもよい。これは、ニューラルネットワーク分析の間に、結果が生じるとすればどのような影響があるのかを知るための分析に基づいて選択的にセンサデータを削除することにより決定される。しかし、センサが車両に導入された後は、将来のデータ収集及び分析において全てのセンサを使用するのに付加的な出費が殆ど生じないので、ここで注意しておかなければならない。

この第 1 相で開発されたニューラルネットワークは、次の相におけるデータ収集の間に使用され、収集された新たなベクトルの一体性をその場でチェックする。場合によっては、電圧スパイク又は他の環境的妨害は、幾つかのトランスデューサからのデータに瞬間的な影響を及ぼす。この事象を捕らえ、第 1 にそのデータをデータベースから削除し、第 2 に誤差データの原因を絶つことが重要である。

【 0 0 3 8 】

収集すべき次のデータの組はトレーニングデータベースである。これは、最初に収集される最大のデータベースであり、例えば捕捉 1 に列挙するセットアップを包含する。トレーニングデータベースは 5 0 0 , 0 0 0 以上のベクトルを含み、ニューラルネットワークのトレーニングを開始するために使用される。この間に、独立及び確認用データベースの捕捉 1 に従って付加的なデータが収集される。トレーニングデータベースは、車両内で起こりうることが知られている全ての着席状態を均一にカバーするように選択される。独立データベースは、トレーニングデータベースの構築と類似であってもよく、又は確認用デ

データベースの占有状態分布に近づくように発展させてもよい。ニューラルネットワークのトレーニングの間、独立データベースは、ニューラルネットワークの精度をチェックするため、及び独立データベースに対して測定された精度が以前のネットワークアーキテクチャより小さい場合、候補としたニューラルネットワークの設計を拒否するために使用される。

独立データベースは、ニューラルネットワークのトレーニングに実際には使用されないが、それでも、ネットワーク構造に有意な影響を及ぼすことがわかっている。従って、第3のデータベースである、確認又はリアルワールドデータベースは、選択したシステムの最終的な精度チェックに使用される。システム精度と考えられるのは、この確認用データベースに対する精度である。確認用データベースは、道路上の現実の自動車における車両占有に密接に関係するセットアップから取得されたベクトルから構成される。最初は、トレーニングデータベースは三つのデータベースの中で最大である。時間及び供給源が許せば、100,000ベクトルから始まる独立データベースは、トレーニングデータベースとほぼ同じ大きさになるまで成長する。一方、確認用データベースは、典型的には50,000ベクトルから開始される。しかし、ハードウェア構成は凍結されているので、確認用データベースは成長を続け、場合によっては、実際にトレーニングデータベースより大きくなる。これは、プログラムの最後の近くで、車両を高速道路上で動作させ、現実の世界の状況の中でデータを収集するためである。このようなリアルワールド・テストにおいてシステムの不備が発見された場合、確認用データベースだけでなく、トレーニング及び独立データベースの両方に付加的なデータを取り込むことができる。

【0039】

全てのトランスデューサから入手可能な全てのデータを用いてネットワークのトレーニングを行なうと、ネットワークの精度は100%に極めて近くなると予測される。通常、システムのトレーニングに使用された全てのトランスデューサを、実際に生産される車両モデルに最終的に搭載するために使用することは現実的でない。これは主に、コスト及び複雑さが考慮されるためである。通常、自動車製造者は、車両の製造において搭載可能なセンサの数に関する考えを持っている。例えば、データは、20の異なるトランスデューサを用いて収集できるが、自動車製造者は最終的な選択を6つのトランスデューサに制限する場合がある。従って、次のステップは、例えば最高のシステム精度を達成するための6つのセンサの最良の組み合わせを決定するためにセンサを徐々に削除することである。理想的には、一連のネットワークは、20の利用可能なものからの6つのセンサの全ての組み合わせを使用してトレーニングされる。この作業は法外な長時間を要する。剪定ステップを開始するために、最初からシステム中に特定の制限を課す。例えば、電子装置を複雑にするため、同じシステムに光学センサと超音波センサの両方を持つことは意味をなさない。実際に、自動車製造者は、光学系が高価すぎるので、最初から考慮しないことを決定する場合があった。従って、光学センサの導入は、コストの関数として精度の低下を決定する方法を提供する。このように、通常、種々の制限により、最初のセンサ群からかなりの数を即座に除去できる。このような除去及び残ったセンサに対するトレーニングの結果、精度が低下する。

【0040】

次のステップは、センサを一度に一個ずつ除去して、何れのセンサがシステム精度に最小の影響を与えるかを決定することである。次いで、センサの数が消費者に望まれる数まで減少するまでこのステップを繰り返す。この時点で、ステップを逆転させて、前の段階で除去されたセンサを一個ずつ追加する。例えば、最初の剪定ステップで重要でないことが明らかになったセンサが後に極めて重要になってくることもある。このようなセンサは、種々の他のセンサの存在により、少量の情報を追加してもよい。しかし、種々の他のセンサが更に他のセンサより少ない情報しか生じない場合は、剪定ステップの間に除去することができる。従って、サイクルの初期に除去されたセンサの再導入は有意な効果を持ち、システムを構成するセンサの最終的な選択を変化させる場合もある。

上記のような、システムを構成するセンサの数を減らす方法は、異なる状況で適用可能

な種々の方法の一つでしかない。場合によってはモンテカルロ法又は他の統計的方法が確実であるが、実験的方法の設計が最も成功することが実証された場合もある。多くの場合、この操作を行う操作者は熟練し、しばらくすると、どのセンサの組が最も良好な結果を生ずるかが直感的に分かるようになる。このステップの最中に、異なるコンピュータで複数のケースを実行することは珍しいことではない。また、このステップの間に、精度のコストのデータベースが形成される。自動車製造者は、例えば、最終システムで合計6つのトランスデューサを持つことを望むが、一又は複数のセンサの追加がシステムの精度をかなり向上させるという事実があれば、判断を変えることがある。同様に、選択されるセンサの初期数は6であるが、分析により四つのセンサが6つと同様の精度を与えることが示されれば、他の二つを除去してコスト削減してもよい。

【0041】

剪定ステップを行う間に、車両は種々の路上試験を受け、消費者にプレゼンテーションされる。路上試験は、基本的なトレーニングが行われた場所でない様々な場所での走行である。予想外の環境的要因がシステムの性能に影響することが見出され、従って、これらの試験は重要な情報を提供する。従って、試験車両に設置されるシステムは、システム誤差を記録できなければならない。この記録は、誤差を生じうる車両セットアップの写真並びに車両上の全てのセンサの出力を含む。このデータは、後に分析され、トレーニング、独立又は確認のセットアップが修正を必要とするか、及び/又はセンサ又はセンサの位置が修正を必要とするかを決定する。

センサの最終セットが選択されたら、車両は高速道路上でのリアルワールド・テストを受け、消費者にデモンストレーションされる。ここでも、あらゆる誤差が記録される。しかし、この場合、システムのセンサの総数がセンサの初期セットより少ないので、或る程度の誤差が予測される。誤差が予測される場合、消費者はそのような誤差の全てを注意深く再考し、消費者がシステムの誤差モードを確実に認識し、これらの誤差モードを有するシステムを許容する準備をしなければならない。

【0042】

上記システムは、単一のニューラルネットワークの使用に基づくものであった。複数のニューラルネットワーク及び他の認識システムの使用が必要であることが多い。例えば、車両のシート占有状態を決定するために、実際に二つの要件が存在する。第1の要件は、何がシートを占有しているかを確認することであり、第2の要件は、物体の位置を確認することである。一般的に、例えば前向きの人間、或いは占有されているか又は占有されていない後ろ向きのチャイルドシートが車両のシートを占有しているかどうかを特定するために、多くの時間、典型的に何秒もかけることができる。一方、自動車のドライバーが事故を回避しようとし、パニック状態でブレーキを踏む場合、ベルトを締めていない乗員の位置は即座に変化してエアバッグの方向に移動する。よって、乗員の位置を決定するという問題は時間的に非常に重要である。典型的には、そのような状況での乗員の位置は、20ミリ秒未満で決定しなければならない。システムが、前向きの人間がシートに居ることを決定すると同時に、その前向きの人間が何処にいるかを決定しなければならないという理由はない。システムは前向きの人間が存在することを知っているので、全ての情報源を乗員の位置の決定に使用できる。よって、このような状況では、二重レベル又はモジュラー式ニューラルネットワークが有利に使用できる。第1のレベルが車両シートの占有者を決定し、第2のレベルが占有者の位置を決定する。一部の希なケースでは、平行して用いられる複数のニューラルネットワークが幾分の利点を提供することが示された。これは、以下で詳述する。

【0043】

パターン認識システムに供給されるデータは典型的に、通常はトランスデューサに捕捉されデジタル化されたデータの未処理のベクトルではない。典型的には、データに大量の前処理を実施して、ニューラルネットワークに供給されるデータから重要な情報を抽出する。これは、特に光学系の場合に当てはまり、得られたデータの量により、全てがニューラルネットワークに使用される場合、極めて高価なプロセッサが必要となる。データ前処

理技術はここに詳細には述べない。しかし、前処理技術は多くの方法でニューラルネットワークに影響する。例えば、車両シートを占有しているものを決定するのに使用される前処理は、占有者の位置を決定するのに使用される前処理とは通常大きく異なる。幾つかの特定の前処理概念について以下に詳述する。

【 0 0 4 4 】

パターン認識システムが前処理されたデータに適用されると、出力として一又は複数の判定が利用可能である。パターン認識システムからの出力は、通常は種々のトランスデューサの出力のスナップショットに基づく。よって、それは一つのエポック又は時間を表す。そのような判定の精度は、パターン認識システムからの以前の判定も考慮すると、通常有意に改善される。占有状態の特定に通常使用される最も単純な形態では、多くの判定の結果が平均化され、その結果得られた平均判定が正しい判定として選択される。しかし、この場合も、動的な位置ずれについては状況が全く異なる。乗員の位置は、特定のエポックについて判明していなくてはならず、その以前の位置により平均化できるものではない。一方、現在の判定の精度を向上させるために使用できる以前の位置の情報がある。例えば、乗員が以前の位置から 6 インチ移動したという新たな判定がある場合、及び以前の判定及び物理学的にそれが起こりえないことが判る場合、以前の位置を外挿することにより現在の位置の予測を改善することができる。別法では、例えば以前の 10 エポックに基づくデータについて、最小自乗法などの種々の技術を用いることで、時間に対する乗員位置の曲線を適合させることができる。この同種の分析は、最終判定ではなくベクトル自身にも適用でき、それによりパターン認識システムに入れる前にデータを訂正できる。

【 0 0 4 5 】

ニューラルネットワークなどのパターン認識システムは、全体として不合理な判定を行うことがある。これは、パターン認識システムが、そのトレーニングセットに含まれるいずれのベクトルにも類似していないデータセット又はベクトルに対して適用される場合に典型的に起こる。車両の種々の着席状態は制限されない。代表的なケースの無制限のセット全体から選択するためのあらゆる努力がなされる。それにも関わらず、ニューラルネットワークに以前示されたものとは有意に異なる場合が常にある。従って、システムを車両に適合させる最終段階は、人間の知能の手段を追加することである。これは、時にファジー理論と呼ばれ、結果として得られるシステムは、時にニューラル・ファジー・システムと呼ばれる。場合によっては、これは、観察者がシステムの失敗を調査して、例えばセンサ A と他のセンサとの組み合わせが、この範囲ではシステムより有用であり、パターン認識判定に優先するようプログラムされ、従って人間の判定に置き換えられなければならないという法則を見出す形態を取る。

【 0 0 4 6 】

このような例は、R. Scorcioni, K. Ng, M. M. Trivedi, N. Lassiter: "MoNif: A Modular Neuro-Fuzzy Controller for Race Car Navigation": In Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Robotics Applications, Monterey, CA, USA July 1997に見られ、自動車は、自立的操作のために設計され、一方のケースではニューラルネットワークで、他方のケースではニューロファジー・システムでトレーニングされた場合が記載されている。両車両が慣れた道で操作される限り、両車両とも満足に動作した。しかし、不慣れた道では、ニューラルネットワーク車両は誤動作したが、ファジー車両は引き続き満足に動作した。当然ながら、ニューラルネットワーク車両が不慣れた道でトレーニングを受けた場合は、極めて良好に動作したであろう。それにも関わらず、人間に最も関係するニューラルネットワークの重大な誤動作モードは、未知の状態に直面したときにニューラルネットワークが取る動作の不確実性である。

【 0 0 4 7 】

従って、システムに人間の知能を付加する一態様は、システムが誤動作しやすいような状態を探し出すことである。残念ながら、現在の技術常識では、これは多大な試行錯誤を要する。一例は、ベクトルの或る一部がトレーニング中に経験した範囲を外れる場合、システムは特定の状態にデフォルトされる。一又は複数のエアバッグ又は他の乗員保護装

置の展開を抑制する場合、この場合はパターン認識システムが不可能であることを示しても、エアバッグを展開するのが可能である。

上記は以下の図面に記載するシステムに適用可能であり、上記の説明と以下のシステムの関係を下記に説明する。しかし、図面に示したシステムは、上記の方法又は装置の適用性を制限するものではない。

【 0 0 4 8 】

同じ参照番号が同一又は類似の部材を示す添付図を参照すると、図 1 は、本発明に従って開発された着座状態検出システムを有する調節装置が適用されうる助手席シート 1 を示している。シート 1 は水平方向に位置する底部シート部 2 と垂直方向を向いた背面部 3 を有する。シート部 2 には、シートを占有する物体があればその重さを測定する重量測定手段、すなわち一又は複数の重量センサ 6 及び 7 が設けられている。シート部 2 と背面部 3 (シートバックとも呼ばれる)の間の連結部にはリクライニング角度検出センサ 9 が設けられ、該センサはシート部 2 に対する背面部 3 の傾斜角度を検出する。シート部 2 にはシートトラック位置検出センサ 10 が設けられている。シートトラック位置検出センサ 10 は、二点鎖線で示された背面基準位置からのシート 1 の移動量を検出する役割を果たす。シートバック 3 には、心拍センサ 31 と運動センサ 33 が埋め込まれている。車両の天井には容量センサ 32 が付設されている。シート 1 は運転席、助手席又は任意の他のシート並びに輸送車両の他のシート或いは非輸送用のシートであってもよい。

運動センサ 33 は、車両の乗員区画における相対移動を検出する個別センサとすることができる。そのようなセンサは超音波に基づくものであることが多く、短時間に生じる超音波パターンの変化を測定できる。或いは、過去の位置ベクトルから一の位置ベクトルを減じて差分位置ベクトルを得ることにより、運動を検出することができる。本明細書においては、運動センサは、ベクトル差に基づく特別なベクトルを生成するための運動を検出するいずれかの特定の装置を意味する。

【 0 0 4 9 】

センサ 6 及び 7 のような重量測定手段はシートに取り付けられており、例えばシートに作用する重量を測定するために、シート部 2 の中又は下、或いはシート構造体に装備することができる。重量は、シートに着座する者が不在のときはゼロとできる。センサ 6 及び 7 は、例えばシート部 2 のエアバッグ又は袋体 5 に起因する、冗長性のため、又はシートの異なる部分にかかる重量を測定するための、複数の異なるセンサとしてもよい。袋体 5 は、一又は複数の区画を有しうる。このようなセンサは、シート部 2 又はシートバック 3 上の力又は圧力を測定する歪み、力又は圧力センサの形態、センサ 7 のようにシート構造部材上に設けられているか又は他の適切な位置に設けられた歪みゲージ等を使用したシート 1 全体又はシート表面の移動を測定する移動測定センサの形態、或いは圧力センサを重量の測定器として使用できるような、移動を圧力に変換するシステムの形態を取ることができる。

超音波又は光学センサシステム 12 が車両の前方ピラー (A ピラー) の上部に取り付けられ、同様なセンサシステム 11 が中間ピラー (B ピラー) の上部に取り付けられている。トランスデューサ 11 及び 12 の出力は、超音波センサ駆動回路 18 からのタイミング信号と同期して切り替えられるマルチプレックス回路 19 を通して帯域通過フィルタ 20 に入力され、次いで増幅器 21 によって増幅される。帯域通過フィルタ 20 は出力信号から低周波数波成分を除去し、またノイズの幾らかを除去する。エンベロープ波信号がアナログ/デジタル変換器 (ADC) 22 に入力され、測定データとしてデジタル変換される。測定データはタイミング信号により制御される処理装置 23 に入力され、このタイミング信号は次にセンサ駆動回路 18 から出力される。

【 0 0 5 0 】

測定データの各々は正規化回路 24 に入力されて正規化される。正規化された測定データは波データとしてニューラルネットワーク (回路) 25 に入力される。

重量センサ 6 及び 7 の出力は、重量センサ 6 及び 7 に連結された増幅器 26 により増幅され、増幅された出力はアナログ/デジタル変換器に入力され、ついでプロセッサ手段の

ニューラルネットワーク 25 に向けられる。

リクライニング角度検出センサ 9 とシートトラック位置検出センサ 10 は、適当な電子回路に接続されている。例えば、定電流を定電流回路からリクライニング角度検出センサ 9 に供給することができ、リクライニング角度検出センサ 9 が背面部 3 の傾斜に対する抵抗値の変化を特定の電圧に変換する。この出力電圧は角度データとして、すなわち背面部 3 とシート部 2 の間の角度を表すデータとしてアナログ / デジタル変換器 28 に入力される。同様に、定電流を定電流回路からシートトラック位置検出センサ 10 に供給することができ、シートトラック位置検出センサ 10 がシート部 2 のトラック位置に基づく抵抗値の変化を特定の電圧に変換する。この出力電圧はシートトラックデータとしてアナログ / デジタル変換器 29 に入力される。よって、リクライニング角度検出センサ 9 とシートトラック位置検出センサ 10 の出力はアナログ / デジタル変換器 (ADC) 28 及び 29 にそれぞれ入力される。ADC 28、29 からの各デジタルデータ値はニューラルネットワーク 25 に入力される。このシステム及び同様なシステムの更に詳細な説明は、本出願人名義の上述の特許及び特許出願に見出すことができ、これら文献の全てを出典明示によりここに取り込む。上述したシステムは、車両のシートの占有状態を検出するために本発明の教唆を使用して設計することができる多くのシステムの一例である。

【0051】

ニューラルネットワーク 25 は、増幅器 25 と正規化回路 24 に関連する ADC 28 及び 29 に直接接続されている。このように、システムのセンサの各々からの情報 (データ・ストリーム) はニューラルネットワーク 25 まで直接通過して処理される。センサからのデータ・ストリームはニューラルネットワーク 25 の前で組み合わせられないで、ニューラルネットワークは別個のデータ・ストリーム (例えば各入力ノードのデータの少なくとも一部分) を受け取り、それを処理してシートの現在の占有状態を示す出力を提供するように設計されている。よって、ニューラルネットワーク 25 は上述し以下に検討するような方法でトレーニングすることにより導かれたアルゴリズムを含むか又は取り込む。シートの現在の占有状態が決定された後は、シートの現在の占有状態を考慮して、エアバッグシステムのような車両部品又はシステムを制御することが可能である。

【0052】

図 2 には、自動車の乗員区画の断面が参照番号 100 で概略的に示されている。図示しないハンドルの後ろのシート 102 に車両のドライバー 101 が座っており、成人のパセンジャー 103 が助手側のシート 104 に座っている。ここでトランスデューサとも呼ばれる二つの送信器及び受信器装置 110 及び 111 のアセンブリが助手席 100 に位置しており、一方のトランスデューサ 110 が車内灯に隣接するか又は車内灯の近傍の天井に配置され、他方のトランスデューサ 111 が車両のダッシュボード又は計器パネル上面中央に配置されている。これらのトランスデューサの配置に至る方法論は、以下に詳細に説明するように本発明の中心をなす。この状況下で、本発明に従って開発されたシステムは、乗員がシート 104 に座っていることを確実に検出し、車両が衝突する事態になったときにはエアバッグの展開を可能にする。トランスデューサ 110、111 は、その分割軸が、自動車の助手席の乗員の頭、肩及び後方に向いたチャイルドシート容積の分割軸と平行になるように配置され、この特定の位置決めによって異なった形状を区別できる。超音波トランスデューサ 110、111 に加えて、重量測定センサ 210、211、212、214 及び 215 も存在する。これらの重量センサは、同時係属米国特許出願第 08 / 920822 号により詳細に記載されている、ここに例証したような、車両シート支持構造体に付設された歪み測定トランスデューサを含む様々な技術のものである。当然ながら、シートクッションの変形又はシートクッションにかかる圧力を測定するシステムを含む他の重量システムを使用することもできる。ここに記載した重量センサは一般的な部類の重量センサの例示を意図しており、乗員の重量を測定する方法の完全なリストではない。

【0053】

図 3 では、図 2 に示した成人のパセンジャーに子供 121 を収容する前方に向いたチャイルドシート 120 が置き換わっている。この場合、事故のときにエアバッグが作動不能

にならないようにすることが通常必要とされる。しかし、図 4 に示されるように、後方を向く同じチャイルドシートが配置されている場合には、事故時のエアバッグの展開が子供をひどく傷つけたり死亡させたりする可能性があるので、エアバッグは通常は作動不能になっていることが必要である。更に、図 5 に示されているように、乳児キャリア 130 の乳児 131 が助手席に後方に向いて位置する場合、上述した理由からエアバッグは作動不能にされなければならない。エアバッグの展開を作動不能にする代わりに、例えばエアバッグの展開の力を低減するために、展開を制御して子供を保護することもできる。助手席内のアイテムに対して助手席エアバッグを作用不能にするか作用可能にするかは、特定の用途について調整できることに留意されたい。例えば、前方を向くチャイルドシートを有する一部の実施例では、実際にはエアバッグを作用不能にすることが望ましく、他の場合には電力を切った (depowered) エアバッグを展開することが望ましい。助手席内のアイテム及びその位置の関数としていつエアバッグを作動不能にするか、電力を切るか、又は作動可能にするかの選択は、センサシステムのプログラム又はトレーニング段階においてなされ、大抵の場合、上述の基準が適用できる。すなわち、前方を向いているチャイルドシートと正しい着座位置の成人に対してエアバッグの展開を可能にし、後ろを向くチャイルドシート及び乳児、並びに所定の位置を外れ、エアバッグモジュールに接近しているあらゆる占有者についてはエアバッグを展開できないようにする。しかし、本発明に従って開発されたセンサシステムは他の基準に従ってプログラムされてもよい。

【0054】

他の技術を使用する幾つかのシステムが、上で示した 4 種のケースを区別するために考案されているが、何れも満足できる精度又は信頼性を持つ区別化はできなかった。これらのシステムの幾つかは、チャイルドシートがシート上に適切に配置されベルトがされる限り、作動するようになる。シート内に配されたセンサにより電磁気学的に検出されるチャイルドシートに装置を装着する、例えばいわゆる「タグシステム」は、それ自体では信頼性があるものではなかったが、全体のシステムに情報を追加することができる。単独で使用される場合、それらは、チャイルドシートがシートベルトによって拘束されている限りは良好に機能するが、そうではない場合にはそれらは高い失敗率を示す。米国の人口のシートベルトの着用は現在のところ約 60% にすぎないので、チャイルドシートがシートに適切にベルト止めされない場合が多く、よって子供が事故時に怪我を負って死亡する可能性は非常に高い。

本発明の方法論はこの問題を解消するために考案された。この方法論を理解するためには、図 6 において軸線 AB によって連結されている二つの超音波送信器 110 と受信器 111 (トランスデューサ) を考える。各送信器は、送信器にその原点を持つ、円錐角と呼ばれるテーパ角度に主に限定される信号を発する。場合によっては別個の装置が各機能のために使用されるが、簡単にするために送信器と受信器が同じ装置であると仮定する。トランスデューサが突発波を送信して、超音波を助手席に発信し、ついで乗員区画内の物体から反射又は変形波を受信すると、トランスデューサから物体までの距離を、波の発信と反射又は変形波の受信の間の時間遅れによって測定することができる。

【0055】

単一のトランスデューサを見ると、信号を反射又は変更している物体の方向を決定することはできないが、その物体がトランスデューサからどれくらい離れているかだけは知ることができ、つまり、単一のトランスデューサは、距離測定を可能にするが方向の測定を可能にしない。換言すれば、物体はトランスデューサにその原点を持ち距離に等しい半径を持つ三次元の球状セグメントの表面上の点にありうる。図 6 の 110 と 111 のような二つのトランスデューサを考えると、両方のトランスデューサが同じ物体から反射を受けるが、これはトランスデューサの適切な配置によって容易になり、反射のタイミングは物体から各トランスデューサまでの距離に依存する。この解析の目的のために、二つのトランスデューサが独立して作用する、つまりそれ自体が伝送した音波の反射のみを聞くと仮定すると、各トランスデューサは、反射物体までの距離を感知するがその方向は感知しない。トランスデューサが円錐角内の全ての方向に超音波を発すると仮定すると、各トラン

スデューサは、物体がトランスデューサからそれぞれ既知の距離にある球面 A、B 上に位置していることを感知する。つまり各トランスデューサは、物体がトランスデューサから特定の距離に位置し、この距離は、他のトランスデューサと同じ物体の間の距離と同じでもよく、同じでなくともよい。この場合、二つのトランスデューサがあるので、トランスデューサの各々に対する反射物体の距離が判り、物体の実際の位置は二つの球面 A 及び B の交差部である円上にある。この円は図 6 に C で示す。円 C に沿った各点において、トランスデューサ 1 1 0 までの距離は同じであり、且つトランスデューサ 1 1 1 までの距離は同じである。これは、もちろん、理想的な一次元の物体に対してのみ厳密には正しい。

【0056】

多くの場合、特定の円上に物体が位置するときだけその位置が分かるので、物体が特定の円上に存在するということが判明しているだけで十分である。つまり、対象の領域を通過する円は、別の時は物体が生じ得ない容積を通過する。よって、この特定の位置における円を算定するだけで、物体がその円に沿って存在することが示され、エアバッグシステムのような車両内の他のシステムを制御するか又はそれに影響するために使用することが可能な、乗員区画内の物体に関する価値ある情報を提供する。当然ながら、これは、二つのトランスデューサへの反射が実際は同じ物体からのものであるという仮定に基づいている。他の物体がシステムを混乱させうる反射を起こさないようにトランスデューサを配置するよう注意しなければならない。

図 7 は、例えばシートがチャイルドシート C 内にいない人又は前方を向くチャイルドシートによって占有されているときに、通常占有される容積と、後ろを向くチャイルドシートにより通常占有される容積とをそれぞれ表す二つの対象円 D 及び E を示している。よって、システムによって、（つまり、各トランスデューサから距離の測定値を受け取り、トランスデューサから物体までの距離を表す球面の交差部から円をつくり出す適切な処理手段によって）生成される円が、成人のバセンジャーによってのみ占有される位置にある場合、エアバッグは、事故時に展開することが望ましいので、作動不能とはされない。他方、円が後ろを向くチャイルドシートにのみ占有される位置にある場合、エアバッグは作動不能とされる。

【0057】

上記の考察は、物体によって占有される容積又は複数の物体の表面からの反射が関与するという事実を考慮していない点でももちろん単純化されている。実際には、トランスデューサ B は乗員の頭の後ろを捉え、トランスデューサ A は前部を捉える場合が多い。これは、技術者が解析するデータを調べる状況を一層難しくしている。パターン認識技術はこれらの状況から情報を抽出することができ、これらの技術を正しく適用することによって、特定の車両のシステムの一部としてインストールされると、システムが例えば前方を向くチャイルドシートと後ろを向くチャイルドシートを区別し、或いは前方を向く人が適切な位置にいるか又は外れているかを正確且つ確実に識別するアルゴリズムを開発することができることが判っている。

上記の考察から、（i）エアバッグの展開が望まれる場合、即ち乗員が前方を向き、且つ正しく位置している場合、又は前方を向くチャイルドシートの場合と、（ii）エアバッグの展開が望まれない場合、即ち乗員が正規の場所から外れている場合、又は後方を向くチャイルドシートの場合とを区別するための、特異な情報を提供するトランスデューサの位置決め方法が開示される。実際には、この理論を実行するために使用されるアルゴリズムは球面又は球の相互作用の円を直接計算しない。代わりに、パターン認識システムを用いて、エアバッグが展開されるべきではない場合からエアバッグの展開が望まれる場合を区別する。しかし、パターン認識システムがその機能を正確に遂行するには、システムに提供されるパターンが必要な情報を有していなければならない。つまり、様々なトランスデューサに対し、乗員区画内の占有アイテムから反射される波のパターンが、エアバッグの展開が望まれる場合と展開が望まれない場合とで特異的に異なっていなければならない。以下に詳細に説明される上述の理論は、反射波のパターンがエアバッグの展開が望まれる場合と展開が望まれない場合とで容易に区別できるように車両の乗員区画にトランス

デューサを位置決めする方法を教示する。これまで示した場合では、一部の実施例において、トランスデューサを二つ使用するだけで所望のパターン識別ができることが示されており、これは、円D（エアバッグ作動可能）及びE（エアバッグ作動不能）が、条件を識別できる臨界領域にある場合を除き、二つのトランスデューサを、トランスデューサのフィールドコーンの外に位置するように配置することができるような車両構造であるときである。よって、トランスデューサの目標及び画角は、特定の車両にシステムを適合化させるため決定される重要な因子である。

【0058】

システムに二つのトランスデューサのみを使用することは、トランスデューサの一方又は両方が例えば新聞などで遮られることによって作動不能になりうるので、一般には許容できない。よって、図8に示すように、第3のトランスデューサ112を付加することが望ましく、この場合、第3のトランスデューサに対する第3の球面集合が提供される。トランスデューサ112は、Aピラーの助手席側（システムが車両の助手席側で操作するように設計されている場合、好ましい位置である）に配置される。このとき、三つの球面は二点のみで交差し、実際には、目標角及び画角が適切に選択されると通常一点で交差する。繰り返すが、この考察は、厳密には点の物体に対してのみ正しい。実際の物体の場合、物体の異なる表面から反射が生じ、これが通常物体から同様の距離にある。よって、第3のトランスデューサを追加することにより、システムの信頼性が大幅に向上する。最後に、図9に示されるように第4のトランスデューサ113を追加すると、更に大きな精度と信頼性が達成される。トランスデューサ113は助手席側のドアに近い車両の天井に配置される。図9では、トランスデューサC及びDを結ぶ線とトランスデューサA及びBを結ぶ線が実質的に平行であり、非対称性、従って物体の回転を正確に検出できる。よって、例えば、乳児シートが図5に示されるような角度で配置される場合、この条件は、エアバッグの展開を作動不能にすることを決定するときに決定され、考慮されうる。

【0059】

上記の考察は、トランスデューサを位置決めし、二つの標的容積、つまりエアバッグに隣接する容積と車両シートの上部に隣接する容積が占有されているかどうかを決定するシステムを設計することに中心を置いた。上記で引用した特許には、エアバッグモジュール上に又はエアバッグモジュールに隣接して取り付けられたセンサと、車両の高い位置に取り付けられたセンサを用いて、車両シートの近傍の空間をモニタリングする他のシステムも記載されている。このようなシステムは、独立した装置としてセンサを使用し、物体の位置を決定するために二つのセンサの組み合わせを使用しない。実際、そのようなセンサの位置は不適切に選択されているため、例えば新聞により一方又は両方が隠れ易い。更に、システムの深刻な劣化を引き起こさないで一又は複数のトランスデューサが遮られてもよいように、三つ以上のトランスデューサを使用するシステムは、本発明の出願人による特許及び特許出願以外に開示されていない。繰り返すが、本明細書の実施例は、怪我を防止する必要があるときにエアバッグの展開を抑止することを目的としている。開示されたセンサシステムは、本発明と同じ出願人による上記特許出願に開示されているような多くの他の目的のために使用できる。これら他の用途にセンサを使用できることは、参照する他の特許に開示されたシステムには一般に欠落している。

【0060】

二つのトランスデューサが使用される図2ないし7の条件をもう一度検討すると、図7の曲線Dと曲線Eの領域に位置している物体の反射時間を示す図を描くことができる。この図は図10に示されており、cは、複数の異なる位置にシートを配置した複数の試験における後ろを向くチャイルドシートからの反射を表し、同様に、sとhは、前方を向く占有者それぞれの肩と頭部を表す。実際の実験のこれらの結果には、身体の厚みの影響が存在し、また結果はキーとなる容積を分離する基本原理が有効であることを示している。異なる物体の分類を収容する通路間の分離領域が存在することに留意されたい。上で参照した特許出願に記載されているニューラルネットワークと共に使用されるのはこの事実であり、これが、前方を向く人から後ろを向くチャイルドシートを正確に識別するシステムの

設計を可能にする。これまで、これら二つのゾーンを分離するトランスデューサの位置決め技術が発見される以前は、区別作業全体がニューラルネットワークを使用して行われていた。様々な物体からの反射の間には顕著なオーバーラップがあり、よって反射波のパターンに基づいて分離が行われる。ここに記載された技術を用いて、後ろを向くチャイルドシートデータの全てが既知の通路内に入る、このような臨界面の分離領域を生じるようにトランスデューサを注意深く配置することにより、ニューラルネットワークに残された作業が大幅に単純化され、その結果識別の精度が大幅に改善される。

【 0 0 6 1 】

三種の一般的な部類のチャイルドシートと、幾つかの独特なモデルが存在する。最初に、約 20 ポンドまでの体重用の、図 5 に示すような乳児専用シートがある。これは、後ろを向く位置にのみ配置されるように設計されている。図 2 及び 3 に示されている 2 番目のチャイルドシートは、約 20 から約 40 ポンドの子供用であり、前向きと後向き両方の位置で使うことができ、3 番目のチャイルドシートは、前向きの位置のみで使われ、約 40 ポンドを越える体重の子供用である。これらのシート全て並びに独特なモデルは、システムを車両に適合させるための本発明による試験設備において使用される。各チャイルドシートについて、車両内で当該シートに可能な実質的にあらゆる位置を表す数百の独特な向きが存在する。試験は、例えば 22 度傾斜し、17 度回転した状態でシート上に配置し、シートバックを完全に戻し、シートを完全に下げ、窓を開放した状態で、それらのパラメータの全ての変化に対して実行される。更に、様々なアクセサリ、例えば衣服、玩具、瓶、毛布等々をチャイルドシートに加えて本発明の教唆を実施した、多数の場合が実行される。

同様に、例えばサイズ、衣服、地図又は新聞を読むような活動、ラジオを調節するために前傾するなどを含む広範な変動要因が占有者に使用される。また、乗員が足をダッシュボードに置いたり、様々な一般的ではない位置をとったりする場合が含まれる。上記の姿勢の全て、及び言及しなかった多くの他の姿勢を考慮すると、パターン認識システムをトレーニングするために使用される姿勢の全数は 500000 を超え得る。目標は、実際の使用時に生じる全ての占有状態を表す姿勢トレーニングセットを包含することである。本システムは、トレーニングセットに含まれる場合に類似した場合について正確な決定をする際の精度が非常に高いので、ケースが全て個別で他のケースのコピーではないと仮定すると、システム全体の精度はトレーニングセットのサイズが増加する程向上する。

【 0 0 6 2 】

占有状態の全ての変動に加えて、データ収集の間の環境の影響を考慮することが重要である。音波は空気中の密度変化により大きく回折され得るので、温度勾配又は温度の不安定性が特に重要である。トレーニングにおいて、温度勾配又は不安定性を使用する二つの態様がある。まず、熱不安定性が存在し、よって温度に不安定なデータが存在するという事実をデータベースの一部にするべきである。この場合、収集された温度不安定性を持つ少量のデータが使用される。温度不安定性の更に重要な使用は、それらがデータに変動性を付加するという事実から生じる。よって、かなり多くのデータが温度を不安定にして得られ、場合によっては、データベースの殆ど全体が、温度勾配を時間的に変化させて作られ、よってニューラルネットワークがデータを記憶せず、代わりにデータから一般化するようにデータに変動性が付与される。これは、寒い車両でヒーターを操作する場合、及び暑い車両でエアコン操作を行う場合においてデータを取ることによって達成される。また、閉めた車両において加熱ランプを用いることにより、日光が差し込むことによっても起こる安定な温度勾配をシミュレートし、更なるデータを取得する。

【 0 0 6 3 】

500000 の車両姿勢に対してデータを集めることは膨大なタスクではない。訓練を受けた技術者は、通常、一時間に 2000 の姿勢又はベクトルを越えるデータを収集することができる。データは典型的には 50 から 100 ミリ秒毎に収集される。この間、乗員は移動し続けて、所望の数の異なる着座状態の例が得られるまで、前後左右に動き、頭を捻り、新聞と本を読み、手、腕、足及び脚部を動かすことを含み、車両で連続的に変化する

る位置及び姿勢を取る。場合によっては、この方法は、特定の領域に乗員の運動を制限することにより実施される。場合によっては、例えば、乗員は、安全ゾーン、位置ずれゾーン、又は中間のグレーゾーンとすることができる特定の領域にしながら、これらの異なった着座状態をとるようにトレーニングが行われる。このようにして、エアバッグを作動不能にするか、電力を切ったエアバッグを展開するか又はフルパワーでエアバッグを展開する状態を表すデータを収集する。換言すれば、乗員の頭の後ろ及びノ又は肩の実際の位置が、ストリングポット、高周波超音波トランスデューサを使用して又は光学的に追跡される。このようにして、乗員の位置を測定することができ、これがエアバッグを作動させない場合か作動させる場合かについての決定を後で行うことができる。乗員を連続的にモニタリングすることにより、ある着座状態と他の状態の乗員の比較を可能にするデータを収集することができるという更なる利点が得られる。これは、例えば、衝突前のパニック時のブレーキ作動状態の間に、乗員が位置ずれゾーンに入るときを予想するために望ましいので、一連の過去の位置に基づいて乗員の未来の位置を見積もろうとする際に特に価値がある。

【 0 0 6 4 】

製造される全ての車両で学習を行うことが必要なのではなく、各プラットフォームでトレーニングを行うことが必要であることに留意することが重要である。プラットフォームとは、自動車メーカーによる、同じ車両構造に基づいて製造される一群の車両モデルの命名である。

ニューラルネットワークに関する文献を概観すると、そのような大きなトレーニングセットを使用することがニューラルネットワーク分野では独特であるという結論に至る。ニューラルネットワークの規則は、各ネットワーク重量に対して少なくとも3通りのトレーニングケースがなければならないことである。よって、例えば、ニューラルネットワークが156の入力ノード、10の第1の隠れレイヤーノード、5の第2の隠れレイヤーノード及び一つの出力ノードを有する場合、これは全体で1622の重量になる。従来の理論では、5000のトレーニング例で十分である。従って、100倍の数のケースによって精度が向上するであろうことは全く予想されていない。よって、トレーニングデータベースのサイズが何万というケースまで増加するにつれて、システムの精度が有意に向上することは自明でなく、ニューラルネットワークの文献から推論することはできない。また、試験の数又はデータベースのサイズを増加させるとシステムの精度にそのような有意な効果が生じることは、超音波トランスデューサを使用して得られたベクトルの図を見ても自明ではない。ベクトルの各々は、僅かな上下動を有するどちらかといえはなだらかな図である。システムの空間分解能は典型的には約3から4インチであるので、そのような大きなデータベースが有意な精度の向上を達成するために必要であることはやはり驚くべきことである。

【 0 0 6 5 】

車両のトレーニング・プロセス

自動車へ超音波システムを適用する過程をここで記載する。ステップのより詳細なリストは捕捉2に紹介した。ここでは超音波システムの中心的部分を記載するが、負荷及び光又は他の電磁波システムなどの他の技術を使用するときも、同様のステップを適用する。従って、以下の記載は実施例でありこれに限定されるものではない。

1. 自動車に適合するトランスデューサ、ホーン及びグリルを選択する。この段階では、通常、助手席へ発するように搭載されるフルホーンが用いられる。自動車表面にトランスデューサを美的に適合させるための試みはこの時点では行なわれない。このとき、トランスデューサの所望の伝搬領域は、直接自動車内で測定するか、CADによる図面から推定する。

2. トランスデューサの音波領域の極性図を作成する。トランスデューサ、候補となるホーン及びグリルは組み立てられ、所望の領域角が達成されていることを確認するために試験される。これには、多くの場合、ホーン内のトランスデューサ及びグリルをいくらか調節することが必要になる。超音波システムの適切に設計されたグリルは、光システムのレ

ンズと同様の機能を実施することができる。

3．領域が、自動車の助手席の必要な容積を網羅していること、及びマルチパス効果の原因となる近隣平面上への衝突を起こさないことを検査する。必要に応じてホーンとグリルを再設計する。

4．自動車ヘトランスデューサを取り付ける。

5．自動車内のトランスデューサ領域をマッピングし、マルチパス効果及び対象となる範囲が適切であることを検査する。

6．トランスデューサの照準を合わせ、必要に応じて領域の再マッピングを行う。

7．日々のキャリブレーション固定具を取り付け、標準的な設定データを取得する。

8．50, 000 ~ 100, 000ベクトルを取得する。

9．クロストークが存在する場合はいくつかの初期データポイントを削除し、所望の助手席の容積内においてデータを保持するいくつかの最終点を削除することによって、考慮する空間のベクトルを調節する。

10．ベクトルを正規化する。

11．自動車に搭載するアルゴリズムを作成するソフトウェアを生成するニューラルネットワークアルゴリズムを実行する。

12．アルゴリズムの正確さを検査する。十分に正確でない場合、必要に応じて更にデータを集め、再度トレーニングする。なおも正確でない場合、穴を埋めるためにトランスデューサを追加する。

【0066】

13．十分正確になったとき、以下を変化させながら500, 000以下のトレーニング・ベクトルを収集する手続きへと進む。

占有率（捕捉1、2及び図12 - 19参照）：

占有サイズ、位置（区域）、衣服、その他

チャイルドシートの種類、サイズ、位置、その他

空席

車両構成：

シートの位置

窓の位置

ひさし及びアームレストの位置

隣接しているシート又は後部座席内の他の占有物

温度

温度勾配 - 安定

温度の乱れ - ヒーター及びエアーコンディショナー

乱気流 - 窓を開放した状態、幌を下げた状態、その他での高速走行

14．上記の他の組み合わせを用いて、独立するデータの100, 000以下のベクトルを収集する。

15．許容基準を表わす「リアルワールドデータ」、具体的には、実世界での実際の着席状態の可能性を表わす50, 000以下のベクトルを収集する。

16．トレーニング・ベクトル及び独立データベクトルを用いてネットワークのトレーニングを行い、アルゴリズムを生成する。

17．実世界のベクトルを用いてアルゴリズムを検証する。

18．自動車ヘアルゴリズムを搭載し、テストする。

19．システム内の最終的な欠陥（不正確な領域）を削除するためにポストプロセッシング方法論を決定する。

20．アルゴリズムにポストプロセッシング法を導入する。

21．最終テスト。ステップ13までのプロセスでは、助手席の内装の表面に搭載されたフルホーンを持つトランスデューサを使用する。ある時点で、最終的に自動車に使用される実際のトランスデューサを試験用トランスデューサに取り替えなければならない。これは、ステップ13又はこのステップの前に行われる。このプロセスでは、領域を制御する

のに役立ち、且つ内装の美的品質を保つのに役立つ適切に設計されたグリルにより覆われるように、助手席の視覚的な表面に溶け込むトランスデューサホルダーを設計する。これは、通常冗長なプロセスであり、顧客との複数回の相談を含む。従って、通常、13から20までのステップは、最終的なトランスデューサ及びホルダーの設計が選択された後の時点で繰り返される。フルホーンを装備して取得された初期データは、自動車で動作させることができる最良のシステムの指標となる。フルホーンに替えて美的なホーン及びグリルを装備したとき、或る程度の能力低下が予想される。二つの完全なデータ収集サイクルを行うことによって、このような精度の低下を正確に測定することができる。

22．製造された自動車に装備して出荷する。

23．改良を続けるために実世界検証データを更に収集する。

【0067】

上記の特許及び特許出願は、トランスデューサ及び制御回路並びにニューラルネットワークについて更に詳細に説明しており、それらの全体をここに再現するように取り込むものとする。二つのトランスデューサを使用する場合の成功したニューラルネットワークの特定の一実施例は、78の入力ノード、6の隠しノード及び1の出力ノードを有しており、四つのトランスデューサを使用する場合には、隠し層1に、176の入力ノードと20の隠しノードを、及び隠し層2に7の隠し層ノードと1の出力ノードを有していた。ネットワークの重量は、好適な特許出願に記載され、本明細書の引用文献に詳述されているように、誤差逆伝播法を用いた監督下でのトレーニングにより決定された。当然ながら、RCE、Logicon Projection、Stochastic等の、他のニューラルネットワークのアーキテクチャが可能である。

最後に、システムは、車両の生産及び輸送において起こる製造及び取り付け許容誤差、並びに使用及び劣化を表わす状況下でトレーニング及び試験される。よって、例えば、システムは、トランスデューサを任意の方向に1インチずらし、且つ15度回転させて取り付け、泥が蓄積した状態をシミュレーションし、且つ他の変数を用いて試験される。車両に対するこのような許容誤差は、相違するが類似したモデル車両へのシステムの実装にも許容される。

【0068】

音速は、温度、湿度及び圧力により変化する。これは、トランスデューサ間の寸法が既知であることによって補償でき、従って音速が測定できる。よって、車両の始動時、及びしばしばその後に、音速は、図5のトランスデューサ110のようなトランスデューサによって測定することができ、このトランスデューサは、他のトランスデューサによって直接受信される信号を送信する。それらを離てる距離が既知であるので、音速が計算され、システムは自動的に音速の変動による変化を除去するように調節される。従って、システムは、温度、湿度又は気圧に関係なく同じ精度で動作する。

上記の音速測定に関する問題は、車両内の何らかの物体が一のトランスデューサから別のトランスデューサへの経路を遮断することである。これは当然チェックされ、一のトランスデューサからの信号が別のトランスデューサに到達しない場合は、修正がなされない。しかし、この問題は、経路が完全に遮断されずに僅かに遮断されることである。このことは超音波経路の長さを増大させ、温度変化が誤って示される。これは、複数のトランスデューサを使用して解決できる。トランスデューサはいずれも、他のトランスデューサ全てに対して信号を同報送信することができる。当然ながら、問題は、全ての答えが異なる場合、いずれのトランスデューサの組を信頼できるか、ということである。答えは、最短の距離を求める組又は音速を最速で計算する組である。

【0069】

温度を決定するための別の方法は、温度で変動するトランスデューサの何らかのパラメータを測定するトランスデューサ回路の使用である。例えば、超音波トランスデューサの自然周波数は、周知の様相で温度に従って変化し、従ってトランスデューサの自然周波数を測定することにより温度を決定できる。この方法はトランスデューサ間の通信を必要としないので、各トランスデューサが異なる共鳴周波数を有する場合に機能する。

各トランスデューサから他のトランスデューサまでの距離を全て注意深く測定する方法及び音速を決定するために開発されたアルゴリズムは、本発明の教示の重要な部分を占める。先行技術では、音速は、一のトランスデューサから第2の既知のトランスデューサへの単一の伝送に基づいて計算されていた。この結果、システム設計は不正確で、フィールド内のシステム精度は低かった。

【0070】

システムの一部である電子的制御モジュールが、通常通りトランスデューサと同様な環境に配置される場合、温度を決定する別の方法が利用可能である。この方法は、その温度感度が既知であり、且つ電子回路と同じボックス内に配置されるデバイスを使用する。実際、多くの場合、プリント基板上に存在する構成部材は、温度の指標を提供するようにモニタリングすることができる。例えば、ログ比較回路のダイオードは、温度によって周知の様相で抵抗が変化するという特徴を持つ。電子モジュールは一般に、周囲環境より温度が高いと推測することができるが、温度差の大きさは、既知であり且つ予測可能である。よって、このようにして、助手席の温度の妥当な推定を行うこともできる。

本発明の技術に従って開発されたシステムの他の重要な特徴は、車両の運動を使用して、システムの精度を向上させる新規な方法を提供できることを認識したことである。超音波は、鏡に反射する光のように、殆どの物体に反射する。これは、超音波の波長が光より長いためである。その結果、或る種の反射が受信機を圧倒して利用可能な情報を減少させる。乗員及び/又は車両が動いている間に読み取り値を取得し、これらの読み取りを複数の伝送/受信サイクルに亘って平均化するとき、乗員及び車両の運動は、様々な表面の角度方向を、僅かではあるが反射パターンを変更させてミラー効果を低下させるには十分に变化させる。正味の効果は、複数のサイクルの平均により、反射物体のイメージが、単一のサイクルにより得られるものより明瞭になることである。次いで、これにより更に良好なニューラルネットワークのイメージが得られ、システムの認識精度が著しく向上する。平均化を行うサイクル数の選択は、システム要件に基づいて決定される。例えば、動的な「正規の位置から外れた」状態が必要である場合、各ベクトルを単独で使用しなければならず、単純な意味での平均化は使用できない。これについて後述で詳細に説明する。

【0071】

乗員が通常の車両操作中に車両内で着席している場合、占有状態の決定は、一定の時間に亘る連続的な観察によって有意に向上させることができる。これは、ニューラルネットワークへの挿入の前にデータの平均化を行うことによって達成することができるか、又はニューラルネットワークの決定を平均化することができる。これは、プロセスの分類化フェーズとして既知である。分類化の間に、車両の占有状態、即ち車両が、前向きの人間、空席、後ろ向きのチャイルドシート、又は所定の位置から外れた人間によって占有されているかが決定される。典型的には、多数秒に亘るデータが蓄積されて分類化の決定が行なわれる。

一方、ドライバーは、差し迫った衝突を感知したとき、典型的にはブレーキを強く踏み、衝突の前に車両の速度を低下させようとする。乗員は、ベルトを締めていない場合、このようなパニック状態でのブレーキ操作中にエアバッグの方向へ移動する。乗員の位置を決定するために、分類化のようにデータを平均化する十分な時間はない。それにも関わらず、現在のベクトルにおける誤差を部分的に修正するために使用できる以前のベクトルに基づくデータに情報があり、それは、例えば熱運動によって生じ得る。一つの方法は、以前のトレーニングに基づいてニューラルネットワークを用いて乗員の位置を決定することである。更に、乗員の動きは、直前のベクトルにおける乗員の位置予測に基づいて、可能性の最も大きな位置と比較することができる。よって、例えば、恐らくは車両内の熱勾配の存在により、現在のベクトルに誤差が生じ、これにより、乗員が直前のベクトルから12インチ移動したという計算がなされる。これは、数十ミリ秒の間には物理的に不可能な動きであるので、測定された乗員の位置は、その直前の位置及び既知の速度に基づいて修正できる。当然ながら、車両に加速度計が存在し、加速度データをこの計算に利用できるならば、予測の精度を高めることが可能である。よって、現在のベクトルの誤差データの

修正に使用できる情報が、直前のベクトルのデータ、並びにこのデータから決定される乗員の位置の中に存在し、従って、分類化の平均化法とそれほど変わらない手法により、乗員の位置を高い精度で知ることができる。

【 0 0 7 2 】

超音波乗員位置センサシステムの超音波トランスデューサの配置に戻ると、超音波トランスデューサの配置に関する本発明の更に新規な特徴として、本出願は、(1) 標的容量の一軸モニタリングに二つのセンサを適用すること、(2) 物体の位置を感知するための、標的容量を測る二つのセンサの配置方法、即ち、感知される物体を通過する検知軸に沿ってトランスデューサを取り付けること、(3) 標的の特徴を区別する分離軸に平行な、最良の標的識別を行うためのセンサ軸の配向方法、並びに(4) 後ろ向きチャイルドシートを検出及び前向きの人間の検出を行うために人間を定義する場合の、頭部及び肩部並びに支持面の決定方法を開示する。

【 0 0 7 3 】

電磁気センサを使用するために、類似した一組の観測を利用することが出来る。しかしながら、そのような規則は、このようなセンサが一般に、センサに対する横方向及び垂直方向の寸法、及びセンサに対する垂直距離を、より正確に測定することを考慮に入れなければならない。これは、特に、C M O S 及びC C D に基づくトランスデューサの場合に当てはまる。多くの研究が、超音波トランスデューサの解像度を改良するために進められている。より高い解像度のトランスデューサを利用するために、もっと接近したデータ・ポイントを取得する必要がある。これは、返ってきた信号からエンベロープが抽出された後で、サンプリング速度を1秒あたり約1 0 0 0 サンプルから恐らく1秒あたり2 0 0 0 サンプル以上へ増大させなければならないことを意味している。分析が必要な量データを二倍又は三倍とすることにより、車へ取り付けるシステムは、更に大きな計算力を必要とする。これは、電子システムにかかる費用を増大させる。しかしながらすべてのデータの重要性が同じではない。通常の座席位置を占める乗員の位置を取得する際の精度はそれほど大きくなくてもよいが、当該乗員が衝突前のブレーキ作動中に立ち入り禁止境界域へ動くとき、空間の精度要件の重要性は大きい。幸いにも、ニューラルネットワークアルゴリズムを生じるシステムは、ニューラルネットワークによって使用される各データ・ポイントの相対的価値を、システムデザイナーへ示唆する機能を有する。従って、例えば、ベクトル当たり5 0 0 のデータ・ポイントをトレーニング段階の間と、注意深く剪定を行った後で収集し、ニューラルネットワークへ供給することができ、車両に搭載されるシステムによって使用されるデータ・ポイントの最終数は、例えば1 5 0 にまで減らすことができる。入力データを切り詰めるためにニューラルネットワークアルゴリズム生成プログラムを使用するこの技術は、本発明の重要な教示である。この方法によって、電子車に搭載される回路のコストを増大させることなく、高解像トランスデューサの利点を最適に使用することができる。また、ニューラルネットワークがデータ・ポイントの間隔を決めると、例えば、立ち入り禁止ゾーンの端において、明らかな安全ゾーン内の位置より多くデータ・ポイントを取得することによって、これを微調整することができる。最初の技術は、例えば全5 0 0 データ・ポイントを収集することで行われ、一方車に取り付けられたシステムでは、データのデジタル化間隔は、必要とされるデータのみが得られるようにハードウェア又はソフトウェアによって決定できる。

【 0 0 7 4 】

パニック又はブレーキ作動という衝突前の状況における乗員の位置を定めるための、上記に記載の技術では、モジュラー式ニューラルネットワークを使用していた。この場合、一つのニューラルネットワークを使用して車の占有状態を決定し、第2のニューラルネットワークを使用して車内の乗員の位置を決定した。複数のニューラルネットワークを使用するシステムの設計方法は、本発明の重要な技術である。このアイデアが一般化されると、複数のニューラルネットワークを持つアーキテクチャに多数の潜在的な組み合わせが可能となる。これらの一部を以下に説明する。

【 0 0 7 5 】

複数のニューラルネットワークを使用しようとする最も早い試みの一つは、一つのネットワークの精度に影響する誤差は他のネットワークの精度に影響する誤差とは無関係であるという理論の下に、異なるトレーニングを受けた異なったネットワークを、しかしほぼ同じデータについて組み合わせることであった。例えば、四つの超音波トランスデューサを含むシステムのために、四つのトランスデューサデータの異なったサブセットをそれぞれ一つ使用して、四つのニューラルネットワークをトレーニングすることができる。従って、トランスデューサが任意に A、B、C 及び D とラベルされる場合、最初のニューラルネットワークは A、B 及び C からのデータについてトレーニングされる。2 番目のニューラルネットワークは B、C、及び D のデータでトレーニングされる等である。この技術は、データ中の誤差を除くよりは、それを隠そうとするものであるために、大きな成功をおさめていない。にもかかわらず、このようなシステムは、四つすべてのトランスデューサからのデータを使用する単一のネットワークと比較して、状況によってはやや良好に機能する。このようなシステムを使用する不利益は、計算時間がおよそ 3 倍に増加することである。これは、車に接地されるシステムのコストに大きく影響する。

【 0 0 7 6 】

上記に記載の平行ニューラルネットワークアーキテクチャの利点の一部を得る別の方法は、一つ以上の隠し層のノードのすべてを入力ノードのすべてと連結しない単一ニューラルネットワークを形成することである。或いは、2 番目の隠し層が選択される場合、その前の隠し層のノードのすべてを次の層のすべてのノードと連結しない。隠し層のノードの別のグループを、次いで異なる出力ノードに供給することができ、出力ノードの結果は、単一決定へのニューラルネットワークのトレーニングプロセス又は投票プロセスにより組み合わせられる。投票プロセスの手法は、実質的に計算の複雑さを減じながら、平行ニューラルネットワークの利点の殆どを保持する。

【 0 0 7 7 】

平行ネットワークの基本的な問題は、それらが、ニューラルネットワークアーキテクチャそのもの又は使用されるデータの質を改良するよりも冗長性によって信頼性と正確性を達成することに焦点をあてていることである。それらは、また、完成車に取り付けられたシステムのコストを増大させる。或いは、モジュラー式ニューラルネットワークは、仕事を分割することでシステムの正確性を向上させる。例えば、システムが特定のシーンにおいて木の種類及び動物の種類を決定するように設計されている場合、モジュラー式アプローチは、第 1 に興味の対象物が動物であるか又は木であるかを決定し、次いで別々のニューラルネットワークを使用して木の種類及び動物の種類を決定する。人が木を見るとき、それが虎であるか又は猿であるかを考えない。分類が決定され、例えば席が前方を向く人によって占有されていることが判明した後では、その物体の位置を、更に正確に、且つ演算源を増大させる必要なく決定できるので、モジュラー式ニューラルネットワークシステムは効果的である。

【 0 0 7 8 】

モジュラー式ニューラルネットワークの価値を証明する別の例は、「特別」のケースから「通常」のケースを分離する手段を提供する。幾つかのケースにおいて、殆どのデータが、ニューラルネットワークによって容易に認識される「普通」のケースにあてはまることが見出された。ケースのバランスにより、ニューラルネットワークの作業は非常に難しいものとなったが、それらを普通のケースから分離し、別々に扱うことを可能にする特別なケースの特徴が特定可能であった。このような分離を行うために、ニューラルネットワークに加えて、様々な人知の法則が使用でき、それらには、ファジー論理、通常のケースの平均分類のベクトルを使用した統計的ふるい分け、ベクトル標準偏差、及びファジー論理ネットワークを使用して特定の分類に属するベクトルの可能性を決定する閾値が含まれる。可能性が閾値を下回る場合、標準的ニューラルネットワークが使用され、上回る場合は特別なニューラルネットワークが使用される。

【 0 0 7 9 】

平均と分散の関連、ファジー理論、確率論的及び遺伝的アルゴリズムネットワーク、及

びそれらの組み合わせ、例えばニューロ・ファジーシステムが、他の技術として検討されている。特定の車両に適用するシステムを設計する過程で、上記に言及されたものを含めて、多くの異なるニューラルネットワークアーキテクチャが考慮される。構造の特定の選択は、システム設計者によって試行錯誤の上決定されることが多い。上記に記載の平行構造システムが一般的に有益であると証明されていないが、この構造の一つのバージョンは、ある可能性を示している。ニューラルネットワークのトレーニングを行うとき、トレーニングプロセスが進行するにつれて、独立のトレーニングデータベースについては決定プロセスの精度が向上することが知られている。また、ネットワークの一般化能力が損なわれることが知られている。すなわち、ネットワークは、データベース内の一部のケースに類似しているが、他に大きな相違点を有するシステムを備えるとき、トレーニングの初期段階では適切な決定を行うことができるが、ネットワークのトレーニングが完全に行われると間違った決定を行い得る。これは時に、若いネットワーク対古いネットワークのジレンマと呼ばれる。従って、場合によっては、古いネットワークを若いネットワークと平行使用することにより、両ネットワークの複数の利点を保持することができる。すなわち、古いネットワークの高い精度と、若いネットワークの大きな普遍性を組み合わせることができる。繰り返すが、これら特定の技術の何れかを選択することは、特定の車両へ適用するシステムの設計行程の一部であり、本発明の主要な課題である。使用されるツールの特定の組み合わせは、特定の用途及びシステム設計者の経験に依存する。

【 0 0 8 0 】

上記の方法は、超音波トランスデューサの使用との関連で記載されている。しかしながら、多くの方法がまた、光学、レーダー、容量性及び他の感知システムに応用可能であり、応用可能な場合、本発明は超音波トランスデューサに限定されるものではない。特に、本発明の重要な特徴は、受信機の一つが新聞紙のような何らかの物体によってブロックされても、システムが依然として高い信頼性で作動するように、分離して配置された三つ以上の受信機を適切に配置することである。また、この特徴は、超音波の代わりに電磁放射線を使用したシステムに応用できる。しかしながら、特定の位置は、特定のトランスデューサの特性に応じて異なる。二次元カメラに基づいた光学センサ又は他のイメージセンサは、例えば、超音波センサの場合のように、モニタリング対象のシートを囲む長方形の角に配置されるより、同長方形の側面に配置する方が適切である。これは、カメラが物体までの距離ではなく視界の縦方向及び横方向の距離の測定に最も適している場合、超音波センサはセンサからの軸方向の距離を測定するためである。電磁放射線の使用、及び非常に低い光源レベルの感度の分野における最近の進歩によって、現在では、一部の実施形態において、トランスミッターを排除し、受信機から物体までの距離を取得するための、自動フォーカシングのような技術の使用と併せて、照射源としてバックグラウンドライトを使用することが可能である。よって、受信機のみが必要であり、システムの複雑さが更に低減される。

【 0 0 8 1 】

上述では明示されていないが、強調すべき本発明の特徴は、トランスデューサを分散配置したシステムの開発方法である。後ろ向きチャイルドシート(RSFC)及び正規の位置を外れた乗員の問題を解決しようとする他のシステムは、単一のトランスデューサ配置位置又は最大でも二つのトランスデューサ配置位置に基づいている。このようなシステムは、例えば、乗員とトランスデューサの間に差しはさまれる新聞紙又は乗員の手によって遮られ易い。この問題は、対象となる乗員区画の容積の異なる視野を有するように搭載された3以上のトランスデューサを使用することにより、ほぼ完全に排除される。例えば、図9の分散型システムに例示されているような四つのトランスデューサを使用するシステムが適用される場合、二つのトランスデューサが覆われて作動できない場合も、システムの精度は僅かに低減するだけである。

【 0 0 8 2 】

トランスデューサがブロックされたときにもシステムの利点が完全に得られるように、独立したトレーニング用データベースが、ブロックされたトランスデューサの多くの例を

含むことが重要である。パターン認識システム、この場合ニューラルネットワークが、多数のブロックされたトランスデューサの場合についてトレーニングされていない場合、後でそのような場合を認識する際にうまく働かない。これは、車両で高い信頼性を示すシステムの設計を成功させるためにデータベースの組み立てが重要である別の場合であり、本発明の重要な一態様である。

【0083】

特定の用途のためにシステムを設計する過程の一部に使用してもしなくてもよい他の技術は以下を含む。

1. ファジー論理 上述したように、ニューラルネットワークは、過去に遭遇したことと異なる状況を示されると、不合理な決定が行われるという特性を示すことが多い。熟練したオペレーターが入力データを見ると、データに特定の境界があることが明らかになることが多く、それらの境界から外れる場合は、不正なデータであるか、又は完全な不測事態に基づくデータを示している。時折、システム設計者がこれらの場合を処理する規則を加えることが望ましい。これらは、ファジー論理型規則又は人知に基づく規則とすることができ。この一例は、システムがエアバックの作動可能状態を履行しないと予測される範囲をデータベクトルの特定の一部分が逸脱するときである。

2. 遺伝子的アルゴリズム 特殊な車両のニューラルネットワークアルゴリズムを開発するとき、全ての可能なアルゴリズムが選択されているという保証はない。最適なアルゴリズムが選択された可能性を向上させる一つの方法は、遺伝的アルゴリズムの原理の一部を取り入れることである。この原理の一適用例では、ネットワークアーキテクチャ及び/又はノード負荷を擬似ランダムに変化させることにより、更に高い成功率を有する他の組合せの発見を試みる。このような遺伝的アルゴリズムシステムの解説は、上掲のComputational Intelligenceに記載されている。

3. 予備的処理 軍用の標的認識に、データ自体よりむしろそのデータのフーリエ変換を使用することが広く容認されている。これは特に、乗員及び車両の位置特定とは対照的に、分類に特に有効であり得る。例えば、モジュラーネットワークと共に使用されるとき、分類ニューラルネットワークにデータのフーリエ変換を使用し、位置決定ニューラルネットワークに非変換データを使用することができる。近年、ウェーブレット変換が予備的処理として注目されている。

【0084】

4. 占有者の位置の決定比較 上記の、動的な位置外れという課題において、特定のベクトルにおいてデータの品質を決定するフィルタとして乗員の位置を使用できることを説明した。この技術は一般的に、乗員の以前の位置に基づいてデータのベクトルの品質を改善する方法として使用することもできる。また、この技術を拡張し、車内の生物と無生物の識別を助けることができる。例えば、前方を向いている人間が車両の移動中に頻りに位置を変えるのに対し、箱は殆ど動かない。これは、例えば、小柄な人間と空席を識別する上でも有用である。特定のベクトルが著しい相異を示さないとしても、小柄な人間を収容したシートの動きは空席の動きとは大きく異なる。つまり、二つの連続するベクトルの相異に基づいて形成されるベクトルは動きを示し、したがって乗員を示している。

5. 遮断トランスデューサ 遮断されていないトランスデューサの一部に関してしかトレーニングされていない別のニューラルネットワークを使用するのに、トランスデューサの遮断、及びそのような状況がみられるときを、積極的に識別することが時として望ましい。例えば、このようなネットワークは特に三つのトランスデューサについてトレーニングされているので、うち一つが時に遮断される四つのトランスデューサについてトレーニングされたネットワークより、通常精度が高い。遮断トランスデューサが識別されると、その状態が適当な時間以上続くか否かを乗員に通知できる。

6. その他基本的なアーキテクチャ 誤差逆伝播ニューラルネットワークは極めて成功した汎用ネットワークである。しかし、複数のアプリケーションにおいては、更に性能の良い他のニューラルネットワークアーキテクチャがある。例えば、上述したような平行ネットワークがシステムを著しく改善することが判明している場合、特定のニューラルネッ

トワークは、データ内に存在する情報全てを回収することに成功していない。このような場合、RCE 確率的ロジコン・プロジェクション (Logicon Projection) 又はその他約 30 種類のニューラルネットワークアーキテクチャの一つを試し、結果が改善するかどうかを見ることができる。従って、この平行ネットワーク試験は、現在のニューラルネットワークが利用可能なデータをどの程度効率的に利用できるかを判断するための有用なツールである。

【 0 0 8 5 】

7. トランスデューサ幾何 特定の車両のシステム設計に頻繁に使用される別の技術は、トランスデューサの方向と領域角度を決める最適な取付け位置を決定するニューラルネットワークを使用することである。特に扱いにくい車両に対し、例えば、多数の超音波トランスデューサを設置し、一番重要度の低いトランスデューサを除去するニューラルネットワークを使用することが望ましい場合がある。これは、上記記載のように、まず全種のトランスデューサを組合せ、後で剪定する技術に類似している。

8. データ品質 多量のデータをとることは極めて容易であるが、大きなデータベースではニューラルネットワークのトレーニングに長時間を要するので、ニューラルネットワークを使用してデータベースの可変性に関する試験を行うことができる。例えば、データベースの半分のデータを除去した後に、確認用データベースに対してトレーニング用ニューラルネットワークの性能が低下しない場合、システム設計者は、トレーニング用データベースには多量の冗長データが含まれることを疑う。次いで、他のデータと実質的に区別できないデータを除去する類似性分析のような技術を使用できる。修正を加えたデータベースが重要となるので、全般的にデータベースにおいて、複写又は複写ベクトルを有することは望ましくない。というのは、そのようなベクトルの存在はシステムにバイアスをかけ、システムを記銘化の方向に向かわせ、一般化から遠ざけることになりうるためである。

9. 環境的要因 実験設計などの技術と共にニューラルネットワークを用いるシステムの精度に関するデータ収集の間に、環境的影響の変化を使用することの効果进行评估できる。

【 0 0 8 6 】

10. データベースの構築 一般に、トレーニングデータベースは、ニューラルネットワークが認識すべき全ての占有状態が、トレーニングデータベースでほぼ等価に示されなければならないという意味で、平坦でなければならないと考えられている。典型的には、独立したデータベースはトレーニングデータベースとほぼ同じ構造を有する。一方、確認用データベースは、典型的には現実世界の経験に基づく代表的ケースを含み、基本的に平坦でない構造を有する。確認用データベースは平坦である必要がないので、多くの極端なケースを含むことができるだけでなく、最も一般的なケースにバイアスがかかっているてもよい。これは、様々なデータベースの構築を決定するのに現在使用されている理論である。この理論の成功は、確認用データベースへの新規ケースの追加によって脅かされ続ける。確認用データベースに重大な不具合が発見されると、不具合を除去する目的でトレーニング用データベース及び独立データベースが修正される。

11. バイアス 全ての着席状態占有状態は等しく重要ではない。完成システムは、前向きな定位置の人間について 100% 近い精度を有さねばならない。それは現実世界の殆どの状況を含むので、精度が多少でも低下すると、乗員の保護に利用できたかもしれない状況でエアバッグが機能しないという事態を引き起こす。よって、精度の僅かな低下が死亡及び傷害を大きく増加させうる。反対に、座席が空のときにエアバッグが展開されても重大な結果は生じない。これを考慮してデータベース中のデータにバイアスをかけるために、様々な技術が使用されている。別の技術は、監視下での学習プロセスの間に、空の座席より前方を向く人間の存在をはるかに重視することである。また別の技術は、空の座席より前方を向く人間に関するデータを多く含むことである。しかしながら、これは、平衡のとれないネットワークが一般性の低下を導くので危険でありうる。

12. スクリーニング データの取得によりループが閉じることが重要である。つまり

、データは、データの取得時に、それが良好なデータであるかをチェックすべきである。悪いデータは、電力ラインでの電氣的妨害、溶接装置近くなどの超音波供給源、又はヒューマンエラー等によって起こりうる。例えば、データがトレーニングデータベースに残る場合、それはネットワークの性能を低下させる。悪いデータを削除する幾つかの方法がある。最も有効な方法は、30,000から50,000ベクトル等の初期データ量を取り、暫定的なネットワークを生成することである。これは通常、膨大なデータ取得プロセスを開始する前に、システムの初期チェックとしていずれにしろ行われる。ネットワークはこのデータに基づいてトレーニングすることができ、実際のトレーニングデータが取得されると、データは、初期のデータセットに基づいて生成されたニューラルネットワークに対して試験することができる。

【0087】

13．ベクトル正規化方法 広範な研究により、ベクトルは、ベクトルに含まれる全てのデータに基づいて正規化されていること、即ち、0から1の範囲にその全てのデータを有することが判明している。しかしながら、特定のケースについては、正規化プロセスを選択的に適用し、トランスデューサ毎にデータの初期部分でデータの削除又は処理を変えることが望ましいことがわかった。これは特に、別個の送信及び受信トランスデューサを使用するとき、トランスデューサに大きな共鳴があるか、又はクロストークがある場合である。他のベクトル正規化方法が必要となる場合があり、ニューラルネットワークシステムを使用して、特定の用途に最適なベクトル正規化技術を決定的にすることができる。

14．特徴抽出 ニューラルネットワークシステムの成功は、ネットワークに追加データが入力されるか否かによることが多い。一例は、最初のピークが現れる前の0データ点の数である。或いは、最初のピークまでの正確な距離は、データのサンプリングの前に決定しうる。他の特徴は、ピークの数、ピーク間の距離、最大ピークの幅、正規化係数、ベクトル平均及び偏差などを含む。これらの正規化技術は、多くの場合適合プロセスの最後に使用され、僅かであるがシステムの精度を向上させる。

15．ノイズ 文献には、ニューラルネットワークに供給されるデータにノイズを付加すると、ニューラルネットワークの精度が向上することがしばしば報告されている。しかしながら、温度勾配の存在下でのネットワークのトレーニングは、データへの人工的なノイズの付加の必要性をかなり排除することを示した。それにも関わらず、場合によっては、低レベルの無作為な任意のノイズがトレーニングデータに付加された場合に改善が観察された。

【0088】

16．セットアップの写真記録 全てのデータが収集されニューラルネットワークのトレーニングに使用された後で、ニューラルネットワークで分析すると弱い又は悪い判断を行う有意な数のベクトルが見つかることがよくある。これらのベクトルは、特に隣接するベクトルとの比較に置いて注意深く研究し、弱い判断又は悪い判断の特定可能な原因の存在を確認する必要がある。もしかすると乗員が所定の位置を外れる境界線上にいて、特定のデータ収集イベントの際に所定位置を外れたのかもしれない。このような理由により、データの収集と同時に各セットアップを写真に撮っておくことが望ましい。これは、シートの占有状態の良好な画像を得られる位置に取り付けられた複数のカメラによって行うことができる。時に、新聞等による遮断の影響を最小化するために、複数のカメラが必要である場合がある。データセットアップの写真記録を持つことは、車両が路上試験を受ける際に類似の結果が得られる場合にも有用である。路上試験の間もカメラは存在し、試験技術者は、システムが正しい応答をしない度にデータ収集を開始する必要がある。このようなリアルワールド試験のベクトル及び写真は、後に実験室において類似のセットアップと比較され、車両のトレーニングのために車両セットアップのマトリクスを得るのに不足していたデータが存在するか否かがチェックされる。

17．自動化 車両におけるデータ収集の際に、車両のシート、シートバック、ウィンドウ、バイザー等の動作を自動化することが望ましく、このようにして、システム設計者は、これらのアイテムの位置を思い通りに制御し、割り当てることができる。これは、一

つの構造にデータを取りすぎて、ネットワークが不均衡になる可能性を最小にする。

【 0 0 8 9 】

18．自動セットアップパラメータ記録 正確なデータセットを達成するために鍵となるセットアップのパラメータは、自動的に記録されるべきである。これらは、車両内の種々の位置での温度及び、車両シート及びシートバックの位置、ヘッドレスト、バイザー及びウィンドウの位置を含み、可能ならば車両の乗員の位置を含む。これらのパラメータの自動記録はヒューマンエラーを最小にする。

19．レーザーポインタ 客室の表面に取り付けられた全角度での最初のデータ収集の間、データ収集フェーズでトランスデューサが突発的に動かないように注意しなければならない。この可能性をチェックするために、小型のレーザーダイオードを各トランスデューサホルダーに挿入する。レーザーは、位置が判明している客室のどこか他の表面を照射するように調節される。各データ取得セッションに先立ち、トランスデューサが狙うポイントの各々はチェックされる。

【 0 0 9 0 】

20．多周波数トランスデューサの配置 動的な位置ずれについてデータを収集する場合、超音波トランスデューサの各々は、全てのトランスデューサが同時に送信できるように、それぞれ異なる周波数で作動しなければならない。この方法により、データは10ミリ秒毎に収集され、それは衝撃に先立つ衝突前ブレーキの間に乗員のおよその動きを把握するのに十分な速度である。異なるトランスデューサ間の周波数の間隔を空けるのに問題が生じる。間隔が小さすぎると、異なるトランスデューサ由来の信号を分離することが非常に困難になり、更にはトランスデューサのサンプリングレートに影響し、従ってトランスデューサの分解能に影響する。超音波トランスデューサが35kHz未満のモジュールを作動する場合、犬及び他の動物によっても感知可能である。超音波トランスデューサが70kHzよりずっと上で動作する場合、最大の音圧を生成する開放型超音波トランスデューサを作製することは非常に難しい。多周波数システムを運転席側と助手席側の両方で使用する場合、8つの別々の周波数が必要である。35から70kHzの間で8つの周波数を見出すために、5kHzの周波数の間隔が必要である。従来の電気的フィルタを使用して所定位置領域の境界に望ましい分解能を得るのに十分な間隔を与えるためには、10kHzの間隔が望ましい。これらの矛盾する要件は、トランスデューサを思慮深く配置することにより、互いに5kHz以内に位置するトランスデューサが、トランスデューサ間に直接的な経路が無く、且つ間接的な経路が十分に長いことにより一時的フィルタリングが可能であるように位置させることにより解決できる。このような配置の一実施例を図11に示す。この実施例では、トランスデューサは、A：65kHz、B：55kHz、C：35kHz、D：45kHz、E：50kHz、F：40kHz、G：60kHz、H：70kHz等の周波数で作動する。実際には、上記の原則に従う他の配列も機能する。

【 0 0 9 1 】

21．データ収集におけるPCの使用 トレーニング用、独立及び確認用データベースのデータを収集するとき、種々のスクリーニング技術を使用してデータを試験し、データをモニタ上に表示するのが望ましいことが多い。よって、データ収集の間、通常、実験室でのデータ取り込みにはデスクトップPCを、路上でのデータ取り込みにはラップトップPCを用いて過程をモニタリングする。

22．参照マーカー及びゲージの使用 上述のようなシート、シートバック、ウィンドウ等の位置の自動記録に加えて、或いはそれに代えて、種々の可視化マーキング及びゲージがしばしば用いられる。これは、シートバックの角度位置、シートトラック上のシートの位置、ウィンドウの開放度などを含む。また、乗員の自動トラッキングが備わっていない場合、可視化マーキングが配置されていることにより、技術者は、特定のデータ取り込み実験のために必要なゾーン内に試験乗員が存在することを観察することができる。所定位置の境界又は他の所望の領域の境界を表す空間内の可視ラインを生成するために、レーザーダイオードが使用されることがある。

【 0 0 9 2 】

ここに記載した適合プロセスは、車両の乗員に関する情報を提供するトランスデューサの任意の組み合わせに適用できることを認識することが重要である。これらは、重量センサ、容量センサ、誘導センサ、湿度センサ、超音波、光学、赤外線、レーダーを特に含む。適合プロセスは、特定の車両モデルの候補トランスデューサを選択することから始まる。この選択は、費用、乗員の感知以外のシステムの使用法、車両内部の客室の形状等の考慮に基づく。候補となるトランスデューサのセットが選択されたら、これらトランスデューサは、本発明の技術により試験車両に搭載される。次いで車両には、広範なデータ収集プロセスを行い、後述する車両の様々な位置に種々の物体を配置し、初期データセットを収集する。次に、獲得したデータを用いてパターン認識システムが開発され、精度評価がなされる。更なる実験を行って、設計から除外できるセンサがあれば、それを決定する。一般に、設計プロセスは、過剰のセンサを用いて、最終的に車両に装備されるセンサの数を目標として開始される。適合ステップにより、最も重要なトランスデューサ、及び最も重要度が低いトランスデューサを決定することができ、最も重要度の低いトランスデューサは、コスト及び複雑さを低減するためにシステムから除去することができる。

複数の好ましい方法を上記に例示して説明したが、自動車の客室内の異なる位置に配置されて、上記に記載したものと類似の目的を達成するために占有物体の同じ又は異なる特徴を測定する異なるセンサを用いた他の組み合わせも可能である。また、上記に加えて多数の付加的アプリケーションがあり、それらには、車両の運転席、センターシート、又は後部座席のモニタリング、或いはエアバッグシステム以外の他の車両システムの制御が含まれるが、これらに限定されない。本発明は、上記の実施態様に限定されず、特許請求の範囲によって決定される。

【 0 0 9 3 】

補足 1

ニューラルネットワークのレーニング及びデータ前処理の分析 - 実施例

1. 序文

空間感知センサ (occupant spatial sensor : OSS) の「頭脳」を形づくる人工ニューラルネットワークは、エアバッグを起動できるパターンと起動できないパターンを認識するようにトレーニングしなければならない。このトレーニングの中で最も重要な部分は、車両に収集された、これらそれぞれそれぞれの構成に対応するパターンを与えるデータである。このデータの取扱い (例えばフィルタリング) は、データに含まれる情報の質を向上させる場合に適切といえる。同様に重要なのは、これら二つによって人工ニューラルネットワークの学習能力と一般化能力が決定されるため、基本的なネットワークアーキテクチャと、適用されたトレーニング方法である。全ての方法とフィルタの最終的な試験は、現実世界の状況に対応したネットワークの動作に対するそれらの影響である。

空間感知センサ (OSS) は、エアバッグを起動できる状況又はエアバッグを起動できない状況として認識するようにトレーニングされたパターンを認識するために、人工ニューラルネットワーク (ANN) を使用する。このパターンは、自動車の助手席領域をカバーする四つの超音波トランスデューサから取得される。このパターンは、助手席領域の物体からの超音波エコーから構成される。四つのトランスデューサの各々からの信号は、電氣的に加工される反響信号からなる。電氣的な加工は、信号の増幅 (対数的圧縮)、整流、及び復調 (帯域フィルタリング) 後の打ち切り (サンプリング) 及びデジタル化を含む。この信号を人工ニューラルネットワークに供給できるようになる前に唯一必要なソフトウェア処理は、正規化 (つまり、入力を 0 と 1 にマッピングすること) である。これは膨大な処理であるが、結果として得られる信号は全て等しく処理されているため、依然として「生」と考えられる。

人工ニューラルネットワークに供給される前に、生の信号に一又は複数のソフトウェア処理によるフィルタリングを行うことが可能である。このようなフィルタリングの目的は、ANN に供給される有用な情報を強化することにより、システムの性能を向上させることである。ここには、特定の車両の ANN のトレーニングに適用された複数の前処理フィルタを記載している。

【 0 0 9 4 】

2 . データの記述

人工ニューラルネットワークの性能は、ネットワークのトレーニングに使われたデータによって決まる。可能性の範囲内におけるデータの量と分布が、システムのパターン認識能力及び一般化能力に影響することが既知である。O S S 向けのデータはベクトルから構成されている。各ベクトルは、四つの超音波トランスデューサから受け取った信号の有用な部分の組み合わせである。典型的なベクトルは、それぞれが超音波トランスデューサによって記録されたエコーレベル（時間的にずれた）を表わす約 1 0 0 のデータ点を含む。

三つの異なるデータセットを収集する。第1のセットはトレーニングのデータであり、A N N が、エアバッグを展開するシナリオか展開しないシナリオかを認識するようにトレーニングされたパターンを保持している。第2のデータセットは、独立の試験データである。このセットは、ネットワークの重みの最適化を方向付けるネットワークトレーニングの間に使用される。第3のデータセットは、確認（又はリアルワールド）データである。このセットは、完成した人工ニューラルネットワークの成功率（性能）を評価するために使用される。

表1は、車両について収集されたこれら三つのデータセットの主な特徴を示す。データ三種類の数字が各セットを特徴付けている。配置の数は、使用した対象物及び物体の数を現す。セットアップの数は、各配置について実行された、配置の数と、自動車の内装のバリエーション（座席の位置及びリクライニングの角度、屋根及び窓の状態等）との積である。ベクトルの総数は、セットアップの数と、パセンジャー用の容積内で対象物又は物体が移動する間に収集されたパターンの数との積からなる。

【 0 0 9 5 】

表 1 データセットの特徴

データセット	配置	セットアップ	ベクトル
トレーニング	130	1300	650,000
独立の試験	130	1300	195,000
確認	100	100	15,000

【 0 0 9 6 】

2 . 1 トレーニングデータセットの特徴

トレーニングデータセットは、種々の方法によってデータの分布を示すサブセットに分けることができる。表2は、助手席の占有状態を3種類、即ち、空席、乗員が着席、及びチャイルドシートに分類したときのデータの分布を示す。全ての乗員は様々な大きさの成人であった。前向きのチャイルドシートに着席した子供以外の子供はトレーニングデータセットに含まれなかった。表3は更に、チャイルドシートを、前向きのチャイルドシート、後ろ向きのチャイルドシート、後ろ向きの乳児シート、及び正規の位置を外れた前向きのチャイルドシートに分けた場合の内訳を示す。表4は、車内環境条件に基づくまた別の種類の分布を示す。

表 2 主要なトレーニング対象の分布

占有	表示
空席	10 %
人間の占有	32 %
チャイルドシート	58 %

表3 チャイルドシートの分布

チャイルドシートの配置	表示
前向きのチャイルドシート	40 %
位置を外れた前向きのチャイルドシート	4 %
後向きのチャイルドシート	27 %
後向きの乳児シート	29 %

表4 環境条件の分布

環境条件	表示
室温	56 %
静的熱（太陽灯）	25 %
動的熱（自動車熱）	13 %
動的冷却（自動車A C）	6 %

【 0 0 9 7 】

2 . 2 独立試験データの特徴

独立試験データは、トレーニングデータセットに使用されたものと同じ構成、対象物、物体、条件を使用して生成される。従って、その構成と分布はトレーニングデータセットと同じである。

2 . 3 確認データの特徴

表5は、主なサブセットに分類された確認データの分布を示す。しかしながら、乗員には成人（全体の27%）だけでなく子供（全体の12%）が含まれた表6は、乗員の分布を表す。トレーニングデータセット及び独立試験のデータセットと異なり、データは、着席位置を全く制限されない三歳と六歳の子供について収集された。表7は使用したチャイルドシートの分類を現す。一方、正規の位置を外れた前向きのチャイルドシートについてはデータを取らなかった。このデータセットに使用したチャイルドシート及び乳児シートは、トレーニングデータセット及び独立試験データセットに使用したものとは異なる。表8に示すように、確認データは環境条件を変えながら収集された。

【 0 0 9 8 】

表5 確認データの分布

占有	表示
空席	8 %
人間の占有者	39 %
チャイルドシート	53 %

表6 乗員の分布

人間占有者	表示	通常の着席	ずれた位置
3歳の子供	15 %	50 %	50 %
6歳の子供	15 %	50 %	50 %
大人（5 %女性）	23 %	67 %	33 %
大人（50 %男性）	23 %	67 %	33 %
大人（95 %男性）	23 %	67 %	33 %

表7 チャイルドシートの分布

チャイルドシートの配置	表示
前向きのチャイルドシート	11 %
位置を外れた前向きのチャイルドシート	11 %
後ろ向きのチャイルドシート	38 %
後向きの乳児シート	40 %

表8 環境条件の分布

環境条件	表示
室温	63 %
静的熱（太陽灯）	13 %
動的熱（自動車熱）	12 %
動的冷却（自動車AC）	12 %

【0099】

3. ネットワークのトレーニング

ベースラインとなるネットワークは、117の入力層のノード、二つの隠し層にそれぞれ含まれる20のノード及び7のノード、及び1の出力層のノードからなる四層の誤差逆伝播ネットワークからなる。入力層は、四つの超音波トランスデューサからの入力からなる。これらは、車両の後部クォーター・パネル（A）、A - 柱（B）、頭上コンソール（C、H）に配置されていた。表9は、ベクトルを構成するこれらチャンネルの各々から取得された点の数を表す。

表9 トランスデューサ容量

トランスデューサ	始点			終点		
	サンプル	時間(ms)	距離(mm)	サンプル	時間(ms)	距離(mm)
A	5	0.83	142	29	4.84	822
B	3	0.50	85	35	5.84	992
C	7	1.17	198	34	5.67	964
H	2	0.33	57	32	5.34	907

【0100】

人工ニューラルネットワークは、Neural Works Professional II / Plusというソフトウェアを用いて実行される。決定の数学的モデルのトレーニングに使用される方法は、拡張

式Delta-Bar-Delta学習則及びシグモイド遷移関数を用いた誤差逆伝播であった。拡張式D B Dパラダイムは、誤差表面の局所的湾曲を推論する勾配の過去の値を使用する。これにより、それぞれの接続が、どちらも自動計算される、異なる学習速度と異なる運動量の項を有するという学習側が導かれる。

ネットワークは上記のトレーニングデータセット及び独立試験のデータセットを使用してトレーニングされた。(独立試験のセットに対する)最高条件が、3,675,000のトレーニングサイクルの後に見つかった。各トレーニングサイクルは、650,000の利用可能なトレーニングセットのベクトルから無作為に選ばれた30のベクトル(エポックとして知られている)を使用する。表10は、ベースラインとなるネットワークの性能を示す。

表10 ベースラインネットワーク性能

自己試験の成功率	95.3 %
独立試験の成功率	94.5 %
確認試験の成功率	92.7 %

【0101】

ネットワークの性能は、独立したテストの部分集合に対する成功率の調査により更に分析される。94.6%というエアバッグを起動可能な条件に対する成功率は、94.4%というエアバッグを起動不能な条件に対する成功率とほぼ等しい。表11は、様々な占有状態のサブセットの成功率を示す。表12は、環境条件のサブセットの成功率を示す。このデータの分布はマトリクス全体に亘って完全に平衡してはいないが、システムの性能が熱源によって著しく低下しないと結論付けることが可能である。

表11 占有サブセット当たりの性能

占有	独立試験
空席	96.1 %
通常に着席した成人	92.1 %
後ろ向きチャイルド／乳児シート	94.1 %
前向きチャイルドシート	96.9 %
位置を外れた乗員／FFCS	93.0 %

表12 環境条件サブセット当たりの性能

環境条件	独立試験
室温	95.4 %
長期間の加熱(灯熱)	95.2 %
短期間の加熱/冷却(HVAC)	93.5 %

【0102】

3.1 正規化

正規化は、ネットワークのトレーニングに許容可能な範囲へ現実世界のデータ範囲を縮小するために使用される。NeuralWorksソフトウェアは、入力データを0以上1以下の範囲に入れる縮小係数の使用を必要とする。複数の正規化方法を、システム性能に対するそ

これらの影響について調査した。

リアルワールドデータは、0～4095の値を有する12ビットのデジタル化信号からなる。図20は典型的な未処理の信号を示す。未処理のベクトルは四つの信号を組み合わせた部分からなる。

個々のベクトルの三つの正規化方法を調査した。

- a．ベクトル全体の最大値及び最小値を使用する正規化（ベースライン）
- b．ベクトルを個々に構築するトランスデューサチャンネルの正規化。この方法は、各チャンネルの最大値及び最小値を使用する。
- c．固定範囲〔0.4095〕を用いた正規化。

【0103】

正規化研究の結果を表13にまとめた。

表13 正規化実験の結果

正規化の方法	自己試験	独立試験	確認試験
a. 全ベクトル(ベース)	95.3 %	94.5 %	92.7 %
b. チャンネル毎	94.9 %	93.8 %	90.3 %
c. 固定範囲[0.4095]	95.6 %	90.3 %	88.3 %

チャンネル毎の正規化に対し、ベクトル全体に亘る正規化の性能が高かった。これは、ベースライン法が、別の方法と比較して、一台のトランスデューサからの信号の相対的強度に含まれている情報を保持するという事実に基づいて説明できる。第2の方法を使用する場合、この情報が失われる。

【0104】

固定範囲を使用する正規化は、次のものと比較して、一つのベクトルの相対的強度に含まれている情報を保持する。これに基づいて、固定範囲を用いた正規化でトレーニングされたネットワークの性能がベースライン法の性能を上回ることが期待される。しかしながら、正規化なしでは、原則として入力範囲は0から最大値まででない（図1参照）。入力層におけるデータの絶対値はネットワーク重量の調整に影響する（数式[1]及び[2]を参照）。ネットワークのトレーニング中に、小さな入力範囲を有するベクトルは、十分な範囲に亘るベクトルとは異なる影響を各処理要素（ニューロン）について計算された容量に与える。

$$\Delta w_{ij}^{[s]} = lcoef \cdot e_j^{[s]} \cdot x_i^{[s-1]} \quad [1]$$

$$e_j^{[s]} = x_j^{[s]} \cdot (1.0 - x_j^{[s]}) \cdot \Delta_k (e_k^{[s+1]} \cdot w_{kj}^{[s+1]}) \quad [2]$$

$\Delta w_{ij}^{[s]}$ はネットワーク重量の変化であり、lcoefは学習係数であり、 $e_j^{[s]}$ は層s中のニューロンjの局所的誤差であり、 $x_i^{[s]}$ は層s中のニューロンjの現在の出力状態である。

【0105】

従って、入力層における最大値と最小値の変動は、ネットワークのトレーニングに負の効果をもたらす。これは、確認データセットに対する低い性能に反映されている。

正規化の二次的な影響は、0以上1以下の範囲全体に信号を伸ばすことにより、信号の分解能を増大させることである。ネットワークが信号の高いピークから優先的に学習するので、これは一般化能力に良い影響を与え、従って性能が向上する。

必然的に、入力値の範囲を固定することによる効果及びベースライン正規化方により得られる分解能の増大が、相対的なベクトル強度に含まれる情報の保持よりネットワークの

トレーニングに大きな効果があると結論付けることができる。

【 0 1 0 6 】

3 . 2 低閾値フィルタ

未処理の信号に含まれるすべての情報がネットワークトレーニングに有用と考えられるわけではない。低い振幅エコーは、トレーニングデータに含まれてはならない超音波域周辺の物体から戻ってくる。更に、様々な出所を有する低い振幅雑音が信号に含まれている。この雑音は、信号が弱いところで最も強く現われる。低閾値フィルタの使用によって、ベクトルの信号対雑音比は、それらがネットワークトレーニングに使用される前に改善することができる。

三つの遮断レベル、即ち信号の最大値（4095）の5%、10%及び20%が使用された。使用される方法は、低閾値を下回る値を閾値に引き上げる。後で行われるベクトル正規化（ベースライン法）は、[0 , 1] の範囲全体に信号を引き伸ばす。

【 0 1 0 7 】

低閾値フィルタリングの研究結果を表14にまとめた。

表14 低閾値フィルタリング研究の結果

閾値レベル	自己試験	独立試験	確認試験
無し（ベース）	95.3 %	94.5 %	92.7 %
4095の5 %	95.3 %	94.4 %	91.9 %
4095の10%	95.3 %	94.3 %	92.5 %
4095の20%	95.1 %	94.2 %	86.4 %

【 0 1 0 8 】

5%及び10%の閾値フィルタリングを用いてトレーニングされたネットワークの性能は、ベースラインネットワークの性能と類似である。20%のフィルタリングを用いてトレーニングされたネットワークには、わずかな性能低下が観察される。これに基づいて、騒音レベルがネットワークトレーニングに十分に低いのでその影響が無いと結論付けることができる。同時に、ネットワークの性能に影響することなく、信号の小さい方の10%を廃棄することができると結論付けることができる。これにより、信号が最大フィールド強度の10%と等しい超音波域の境界領域上の境界線を定義することが可能になる。

【 0 1 0 9 】

4 . ネットワークの種類

ベースラインとなるネットワークは、誤差逆伝播式のネットワークである。誤差逆伝播とは、予測、分類、システムモデリング、フィルタリングだけでなくその他多数の一般的问题に成功裏に使用されている汎用ネットワークパラダイムである。誤差逆伝播は、実際の出力と所望の出力の間の誤差を計算し、ネットワーク内の各ノードにこの誤差情報を伝播することにより学習する。この誤差逆伝播で伝播された誤差を使用して各ノードでの学習が駆動される。誤差逆伝播ネットワークの利点の一部を挙げると、グローバルエラーを最小限に抑えようとする試みがなされること、及び複雑なデータセットを非常にコンパクトに分配できる表現で提供できることが挙げられる。欠点としては、ネットワークの分散性に起因する学習の遅さ、不規則な境界及び予測できない分類領域と、際限の無い伝達関数の使用とが上げられる。これら欠点の一部は、拡張されたDelta-Bar-Deltaパラダイムのような修正版誤差逆伝播法を使用することにより克服することができる。EDBDアルゴリズムは、ネットワークの各接続の学習速度と運動量を自動的に計算し、それによりネットワークトレーニングの最適化が促進される。

【 0 1 1 0 】

ベースラインのネットワークとは異なる特徴を持つ他の多くのネットワークアーキテクチャが存在する。これらのうちの一つは、Logicon Projection Network（登録商標）である。この種のネットワークは、（誤差逆伝播ネットワークが属する）オープンな境界ネ

ットワークの利点と、閉じた境界ネットワークの利点を組み合わせている。閉じた境界ネットワークは、入力データポイントに直ちにプロトタイプを置き、これらのプロトタイプに入力データをすべて一致させることができるので学習速度が速い。一方、オープンな境界ネットワークは、勾配の降下によって出力誤差を最小限にする機能を有する。

【 0 1 1 1 】

5 . 結論

確認データセットに対して92.7%の成功率を有するようにトレーニングされたベースラインとなる人工ニューラルネットワーク。このネットワークは、四層の誤差逆伝播アーキテクチャを持っており、拡張Delta-Bar-Delta学習則及びシグモイド伝達関数を使用する。前処理はベクトル正規化を包み、後処理は「五つの一貫した決定」によるフィルタリングを包んでいた。

独立試験データに使用された対象及び物体は、トレーニングデータに使用されたものと同じであった。これは、ネットワークの分類及び一般化機能に悪影響を及ぼす可能性がある。

独立試験データの空間的分布の広さは、トレーニングデータと同程度であった。これにより、大きな空間的容積に亘る一般化が可能なネットワークが得られた。正規分布のピーク周囲に直接隣接する小さな容積における高性能領域と、分布曲線周辺における性能の低い領域との組み合わせが望ましい。

これを達成するために、独立試験セットの分布は、システムの正規分布の反映（即ち、未処理の群）である必要がある。

【 0 1 1 2 】

前処理方法の修正、又は追加の前処理方法の適用は、ベースラインネットワークの性能を上回るような大きな性能の改善を示さなかった。ベースライン正規化法は、固定範囲に入力値を維持することにより学習を改善させ、信号の分解能を増大させるため、最良の結果をもたらした。下方閾値の研究により、ネットワークがエコーパターンの大きなピークから学習することが示された。前処理技術は、これらのピークを引き出すために、信号の分解能を増大させることを目的とするべきである。

実寸大より小さい範囲を使用して、固定範囲の正規化と下方閾値の組み合わせを調査するために更なる研究を行った。これにより、各ベクトルが必然的に、飽和に一点を、下方閾値に一点を含むこととなり、各ベクトルは、0以上1以下の範囲にマッピングすることができる固定範囲内に効果的に入れられる。これにより、相対的なベクトル強度に含まれる情報が保持されると同時に、ベースライン正規化に関して肯定的な結果が得られる。次いで、スケーリングの結果0～1の範囲を逸脱した未処理のベクトルポイントは、それぞれ0と1にマッピングされる。

後処理を行って、メモリ機能によるネットワーク認識機能を増強しなければならない。それは、現在、物体分類機能と空間位置決め機能の両方を実行する一のネットワークの必要性によって可能となっていない。空間位置決め機能の実行には、システムステータスを迅速に更新する柔軟性が要求である。一方、物体の分類は、ネットワークによる不正確な分類の一時的なパターンの影響を無効にする決定の厳密性を利用できる。

【 0 1 1 3 】

補足 2

特定の車両のO P SシステムのD O O Pネットワークをトレーニングする方法

1 . 顧客の要求及び条件を定義する

1 . 1 ゾーンの数

1 . 2 出力の数

1 . 3 危険ゾーンの定義

1 . 4 決定の定義（つまり、危険な空席、安全な座席、又は重要でない席）

1 . 5 D O O P判断の決定速度

2 . プログラム用のP E R Tチャートを開発する

3 . トランスデューサを取り付け可能な位置を決定する

- 3.1 製造可能性
- 3.2 再現性
- 3.3 露出（車両の寿命に亘って損なわれることがない）
- 4. 取り付けのロジスティクスを評価する
 - 4.1 フィールドの大きさ
 - 4.2 マルチパスの反射
 - 4.3 トランスデューサの目標
 - 4.4 障害物 / 望まれないデータ
 - 4.5 視界の目標
 - 4.6 主要なDOOPトランスデューサの要件
- 5. プログラムの文書化ログを開発する（車両の情報整理）
- 6. 車内のトレーニング変数を決定する
 - 6.1 シートトラックのストップ
 - 6.2 ハンドルのストップ
 - 6.3 シートバックの角度
 - 6.4 衝突の間のDOOPトランスデューサの遮断
 - 6.5 その他
- 7. 車の危険ゾーンを決定しマークする
- 8. 物理的な妨害の位置を評価する
 - 8.1 トランスデューサを取り付ける / 隠すための余地
 - 8.2 取り付け表面が十分に硬いか
 - 8.3 障害物
- 9. トレーニング、独立、確認及びDOOPデータセット用マトリクスを開発する
- 10. データ収集に必要な装備を決定する
 - 10.1 チャイルドシート / 補助席 / 乳児シート
 - 10.2 マップ / レーザー / 組み立て
 - 10.3 その他
- 11. 初期及び最終DOOPネットワークのスレッド試験をスケジュールリングする
- 12. DOOP試験の枠組みを設計する
- 13. DOOP試験のモデルを設計する
- 14. あらゆる必要な変数を購入する
 - 14.1 チャイルドシート / 補助席 / 乳児シート
 - 14.2 マップ / レーザー / 組み立て
 - 14.3 その他
- 15. 車両の付属品の自動制御を開発する
 - 15.1 変数である空席の自動的な座席制御
 - 15.2 変数である空席の自動的なシートバック角度の制御
 - 15.3 変数である空席の自動的なウィンドウ制御
 - 15.4 その他
- 16. 自動制御を構築するための装備を取得する
- 17. 車両の変数の自動制御を構築及びインストールする
- 18. データ収集の補助となるものをインストールする
 - 18.1 温度計
 - 18.2 シートトラックの測定基準
 - 18.3 シートバック角度の測定基準
 - 18.4 その他
- 19. スイッチとヒューズを取り付けた配線をインストールする
 - 19.1 トランスデューサの対
 - 19.2 レーザー
 - 19.3 決定インジケータのライト

- 19.4 システムボックス
- 19.5 モニタ
- 19.6 電動自動制御アイテム
- 19.7 温度計、電位差計
- 19.8 D O O P 占有物測距装置
- 19.9 D O O P 測距インジケータ
- 19.10 その他
- 20. O P S システムボックスの D O O P オペレーティングソフトウェアを書く
- 21. O P S の D O O P オペレーティングソフトウェアを検証する
- 22. 特定の D O O P オペレーティングソフトウェアを用いて車両の O P S システム制御ボックスを構築する
- 23. システム制御ボックスを検証及び文書化する
- 24. 車両の特定の D O O P データ収集ソフトウェア (pollbin) を書く
- 25. 車の特定の D O O P データ評価プログラム (picgraph) を書く
- 26. D O O P データ収集ソフトウェアを評価する
- 27. D O O P データ評価ソフトウェアを評価する
- 28. O P S システムボックスに D O O P データ収集ソフトウェアをロードし、検証する
- 29. O P S システムボックスに D O O P データ評価ソフトウェアをロードし、検証する
- 30. D O O P データ収集技術及びデータ収集ソフトウェアの使用について専門家をトレーニングする
- 31. トランスデューサの既知の変数に基づいてプロトタイプのマウント部を設計する
- 32. マウント部のプロトタイプを製造する
- 33. マウント部を予め構築する
 - 33.1 マウント部にトランスデューサをインストールする
 - 33.2 クロストークを除去する最適化を行う
 - 33.3 所望のフィールドを取得する
 - 33.4 マウント部の D O O P 要件の性能を検証する
- 34. マウント部を文書化する
 - 34.1 フィールドの極性のプロット
 - 34.2 すべてのマウント部の寸法を含む図面
 - 34.3 マウント部のトランスデューサ位置の図面
- 35. 車両にマウント部をインストールする
- 36. A T I による設計の装置及び仕様を用いて車両内のフィールドをマッピングする
- 37. D O O P トランスデューサアセンブリの車両における動作をマッピングする
- 38. センサの容積を決定する
- 39. 車両に取り付けられたトランスデューサ及びフィールドを文書化する
 - 39.1 A T I 仕様によるマッピング
 - 39.2 全フィールドの写真
 - 39.3 インストールされたマウント部の図面及び寸法
 - 39.4 センサ容積の文書化
 - 39.5 目標及びフィールドの図面及び寸法
- 40. データ収集ソフトウェア及び O P S システムボックスを使用して、16枚のシートからなるトレーニングデータ、独立データ、確認データを収集する
- 41. A N N をトレーニングするための初期条件を決定する
 - 41.1 正規化の方法
 - 41.2 誤差逆伝播又は？によるトレーニング、
 - 41.3 重量
 - 41.4 その他
- 42. データを前処理する
- 43. 上記のデータに基づいて A N N をトレーニングする

- 44．必要に応じて後処理戦略を開発する
- 45．後処理ソフトウェアを開発する
- 46．確認データを用いて、且つ車両分析において、ANNを評価する
- 47．初期DOOP結果を確認するためにスレッド試験を実行する
- 48．DOOP実験結果及び性能を文書化する
- 49．必要に応じてマウント部を調整し、ステップ31～48を繰り返す
- 50．顧客に会ってプログラムを点検する
- 51．顧客志向の結果を出すための戦略を開発する
 - 51．1 必要に応じて最終的なANN多決定ネットワークの戦略を開発する
 - 51．2 必要に応じて最終的なANN多決層ネットワークの戦略を開発する
 - 51．3 DOOP層/ネットワークの戦略を開発する
- 52．日常較正ジグを設計する
- 53．日常較正ジグを構築する
- 54．日常較正試験を開発する
- 55．日常較正試験の手順及びジグを文書化する
- 56．日常較正試験を収集する
- 57．日常較正試験の結果を文書化する
- 58．顧客志向の結果が得られるように車両のデータ収集マーキングを調整する
 - 58．1 データ収集のための多ゾーン識別子
- 59．すべてのデータセットの項目を定める
- 60．データ収集手順の項目をトレーニングする
- 61．DOOPデータ収集ソフトウェア及びOPSシステムボックスを使用して、最初の16枚のシートからなるトレーニングデータ、独立データ、確認データを収集する
- 62．プログラム派生物によって必要とみなされたベクトルの合計量を収集する（合計量はANNの出力及び複雑さに応じて変化する）
- 63．ANNをトレーニングするための初期条件を決定する
 - 63．1 正規化の方法
 - 63．2 誤差逆電波、又は？によるトレーニング
 - 63．3 重量
 - 63．4 その他
- 64．前処理データ
- 65．上記データに基づいてANNをトレーニングする
- 66．後処理の戦略を開発する
 - 66．1 重み付け
 - 66．2 平均化
 - 66．3 その他
- 67．後処理ソフトウェアを開発する
- 68．評価データによりANNを評価する
- 69．車両において欠陥の検索及び分析を実行する
- 70．車両において無スレッドのDOOPテストを実行する
- 71．更なるトレーニング及び処理の必要性を決定する
- 72．必要に応じてステップ58～71を繰り返す
- 73．初期DOOP結果を確認するためにスレッド試験を実行する
- 74．DOOP試験結果及び性能を文書化する
- 75．必要に応じてステップ58～74を繰り返す
- 76．まとめとなる性能レポートを書く
- 77．顧客に対して車両のプレゼンテーションを行う
- 78．顧客にOPSを装備した車両を配達する

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って開発された着席状態検知ユニット、並びに、超音波又は電磁

気センサ、重量センサ、リクライニング角度検知センサ、シートトラック位置検知センサ、心拍センサ、動きセンサ、ニューラルネットワーク回路及び車両コンパートメント内に設置されたエアバッグシステムの間の接続を示す。

【図 2】フロントシートに二人の成人の乗員を含む車両の斜視図であり、本発明で教示された方法に従って配置された超音波トランスデューサの一つの好ましい配置を示す。

【図 3】図 2 の助手席のパセンジャーを前向きのチャイルドシート内の子供に置き換えた図である。

【図 4】図 2 の助手席のパセンジャーを後ろ向きのチャイルドシート内の子供に置き換えた図である。

【図 5】図 2 の助手席のパセンジャーを乳児シート内の乳児に置き換えた図である。

【図 6】二つの超音波センサの相互作用及びこの相互作用を使用していかにして空間内における円の位置が決定されるかを示す図である。

【図 7】図 2 の乗員を除去した図であり、空間内における二つの円の位置及びそれらがいかにして後ろ向きチャイルドシート及びそれより大きな乗員に特徴的な容積を横切るかを示す。

【図 8】3 - トランスデューサシステムの好ましい取り付け位置を示す図である。

【図 9】4 - トランスデューサシステムの好ましい取り付け位置を示す図である。

【図 10】二つのトランスデューサが標的とする容量識別を示す図である。

【図 11】8 - トランスデューサシステムの好ましい取り付け位置を示す図である。

【図 12】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 13】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 14】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 15】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 16】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 17】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 18】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 19】本発明によるニューラルネットワークのトレーニングに使用されるセットアップを示す表である。

【図 20】組み合わされて一つのベクトルを形成する四つの典型的な生信号を示すチャート図である。