

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-240292

(P2007-240292A)

(43) 公開日 平成19年9月20日(2007.9.20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1H 17/00 (2006.01)	GO1H 17/00 C	2G064
GO6F 17/50 (2006.01)	GO6F 17/50 612A	5B046
G1OK 15/00 (2006.01)	G1OK 15/00 M	
GO1H 3/00 (2006.01)	GO6F 17/50 680B	
	GO1H 3/00 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2006-62056 (P2006-62056)
 (22) 出願日 平成18年3月8日(2006.3.8)

(71) 出願人 303046244
 旭化成ホームズ株式会社
 東京都新宿区西新宿二丁目3番1号
 (74) 代理人 100095315
 弁理士 中川 裕幸
 (74) 代理人 100134717
 弁理士 大石 裕司
 (74) 代理人 100142158
 弁理士 岩田 啓
 (72) 発明者 菅野 普
 東京都新宿区西新宿2-3-1 旭化成ホ
 ームズ株式会社内
 Fターム(参考) 2G064 AA05 AB16 AB18
 5B046 AA03 JA04

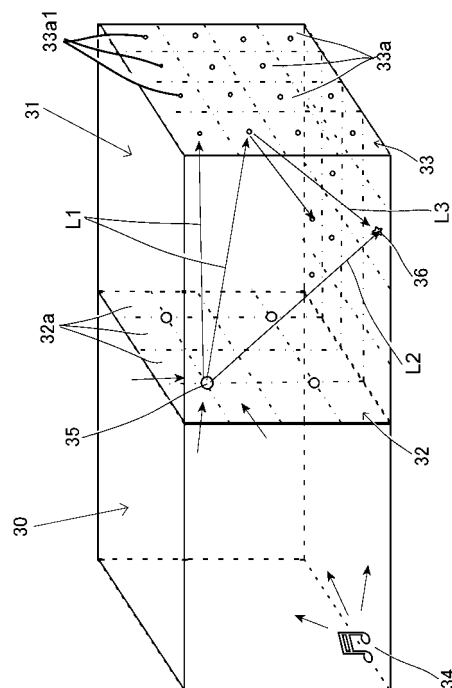
(54) 【発明の名称】 建物の音シミュレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】本発明は、障壁の多い建物の音環境を、簡易に演算し、実測値に近い良好な結果を得ることができるシミュレーションシステムを提供することを目的としている。

【解決手段】上記課題を解決するために、本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第一の構成は、音源空間と透過空間との間に第1の障壁を有する建物情報と、音源情報と、受音点情報と、を入力する入力手段と、この入力手段により入力した情報に基づいて、前記音源空間において、音源から前記第1の障壁を分割した各々の基準面が受けるエネルギーを演算する第1の演算手段と、この第1の演算手段により演算した前記基準面の前記音源空間側が受けるエネルギーに基づいて、前記透過空間側の仮音源の音圧レベルを演算する第2の演算手段と、前記仮音源から放射される音線のエネルギーを演算する第3の演算手段と、を有することを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

音源空間と透過空間との間に第 1 の障壁を有する建物情報と、音源情報と、受音点情報と、を入力する入力手段と、

この入力手段により入力した情報に基づいて、前記音源空間において、音源から前記第 1 の障壁を分割した各々の基準面が受けるエネルギーを演算する第 1 の演算手段と、

この第 1 の演算手段により演算した前記基準面の前記音源空間側が受けるエネルギーに基づいて、前記透過空間側の仮音源のエネルギーを演算する第 2 の演算手段と、

前記仮音源から受音点に入射される音線の音圧レベルを演算する第 3 の演算手段と、

を有することを特徴とする建物の音シミュレーションシステム。

10

【請求項 2】

前記第 3 の演算手段は、前記仮音源から前記透過空間の内面を複数に分割した第 2 の基準面の点に放射される音線のエネルギーと、前記仮音源から前記受音点に放射される音線のエネルギーと、を演算する第 4 の演算手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載の建物の音シミュレーションシステム。

【請求項 3】

前記第 3 の演算手段は、前記第 2 の基準面で反射されて前記受音点に達する音線と、前記仮音源から直接前記受音点に達する音線について、その経路に沿って音圧レベル変化を演算する第 5 の演算手段を有することを特徴とする請求項 2 に記載の建物の音シミュレーションシステム。

20

【請求項 4】

前記第 2 の演算手段は、この第 2 の演算手段により演算した前記第 2 の基準面の点受けるエネルギーに基づいて、前記透過空間側の仮音源のエネルギーを演算することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の建物の音シミュレーションシステム。

【請求項 5】

前記第 1 の障壁は、仮想設定した仮想障壁であり、前記音源空間と前記透過空間は仮に隔てられた仮想空間であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の建物の音シミュレーションシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

建物の音シミュレーションであって、壁の透過を考慮した結果を出力しうるシステムに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来から、コンピュータを用いた音の伝達シミュレーションが行われてきている。

【0003】

音の伝達をシミュレートする方法として大きく、差分法 (FDM)、有限要素法 (FEM)、境界要素法 (BEM)、境界積分方程式法 (BIEM) という波動的解析手法と、音の波動性を無視して単純な音線 (Sound Rays) もしくは音粒子 (SoundParticle) として計算する幾何学的解析手法、の 2 つとして発展してきた。

40

【0004】

特に波動的解析手法は音の波動性を忠実に計算するため、複雑な問題に対する解を得るという目的のために発展してきたが、演算の為には膨大なコンピュータ資源を使用する必要があるという問題がある。

【0005】

音の回折や透過性を無視した幾何学的解析手法は、空間の解を近似的に手っ取り早く求めるという事で有効な手段として発展してきたが、計算構造上、ホールなど単純な単一空間における解を求める事しかできないという問題がある。幾何学的解析手法は、一般的に音線法と呼ばれ、音線追跡法や虚像法として発展してきた。

50

【0006】

音線追跡法は、通常設定された点音源から全空間に多数の音線を放射し、その反射履歴とエネルギー、入射方向のデータとして順次計算していく方法であり、虚像法は、あらかじめ音線の反射面経路を探索し虚音源を設けることによって音線の反射履歴を算出し計算をして行く方法である。虚像法は音線追跡法に比べ方向や相対的なインテンシティ、到達時間が正確にも止まるが、反射次数の増加に伴い、虚音源の総数が指数的に増加するため、高次の反射まで計算することが困難である。

【0007】

しかし、音線法は波動解析を行う方法に較べ、計算が簡易であり、かつ計算量も少ないため、音環境のシミュレートを行う上で有効な手段であることが知られている。特に、単純な閉空間の解析を手っ取り早く行う事に向いており、例えば特開平6-11386などのように虚像法との併用で簡易でありかつ良好なシミュレーション結果を得ることが可能となっている。

10

【0008】

【特許文献1】特開平6-11386号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、音線法は前述のとおり原則として反射により音の伝達を求めるものであって、音の波動性を無視している。このため、閉空間のシミュレーションには適しているが、壁などの障壁が空間内に存在した場合、音線がその障壁を越えることができない。

20

【0010】

一方、住宅における音の伝達をシミュレーションする場合を考えると、ホールなどの単純な空間と異なり住宅には壁や間仕切りなどの障壁が多い複雑な空間であるため、音線法をそのまま適用することは出来ない。

【0011】

その為、従来は住宅など複雑な空間では波動的解析手法がとられていたが、計算負荷の低さから、音線法において障壁を透過して解析するための提案はなされている。例えば、いちど障壁をないものとして音線の経路を演算し、その後障壁と音線の交点から反射する音線の経路を演算する。そして、反射による音圧の減衰と同様に、透過による音圧の減衰を演算することにより、障壁を越えて伝達される音を算出することが考えられる。しかし、音は波動なのであるから、障壁を越えた時点で本来ならば音線のベクトルは失われているはずである。

30

【0012】

そこで、障壁と音線との交点（反射点）について、障壁の交点と反対側の面に仮音源を設定することが考えられる。しかし、通常一つの音源についても簡易とはいえそれなりの計算量であるのに、交点ごとに仮音源を設定し、通常音源と同様に全方位の音線を演算することでは、計算量が劇的に増加し、計算が簡易であるという音線法の利点を著しく損なってしまう。

【0013】

そこで本発明は、障壁の多い建物の音環境を、簡易に演算し、実測値に近い良好な結果を得ることができるシミュレーションシステムを提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために、本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第一の構成は、音源空間と透過空間との間に第1の障壁を有する建物情報と、音源情報と、受音点情報と、を入力する入力手段と、この入力手段により入力した情報に基づいて、前記音源空間において、音源から前記第1の障壁を分割した各々の基準面が受けるエネルギーを演算する第1の演算手段と、この第1の演算手段により演算した前記基準面の前記音源空間側が受けるエネルギーに基づいて、前記透過空間側の仮音源の音圧レベルを演算する第

50

2の演算手段と、前記仮音源から放射される音線のエネルギーを演算する第3の演算手段と、を有することを特徴とする。

【0015】

本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第二の構成は、前記第一の構成において、前記仮音源から前記透過空間の内面を複数に分割した第2の基準面の点と、前記仮音源から直接前記受音点と、に放射される音線のエネルギーを演算する第4の演算手段を有することを特徴とする。

【0016】

本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第三の構成は、前記第二の構成において、前記第2の基準面で反射されて前記受音点に達する音線と、直接前記受音点に達する音線について、その経路に沿って音圧レベルを演算する第5の演算手段を有することを特徴とする。

10

【0017】

本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第四の構成は、前記第一から第三のいずれかの構成において、前記第1の障壁は、仮想設定した仮想障壁であり、前記音源空間と前記透過空間は仮に隔てられた仮想空間であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第一の構成によれば、障壁の多い建物の音環境を、簡易に演算し、実測値に近い良好な結果を得ることができる。

20

【0019】

また、本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第二及び第三の構成によれば、さらに簡易に演算することができる。

【0020】

また、本発明に係る建物の音シミュレーションシステムの第四の構成によれば、コの字型等の複雑な形状の建物の音環境を、簡易に演算し、実測値に近い良好な結果を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明に係る建物の音シミュレーションシステムについて説明する。図1は本実施形態に係る音シミュレーションシステムの概略構成図である。図2は本実施形態の特徴的な動作を説明するフローチャートである。図3は仮音源と音線を設定する例を示す図である。図4は透過率・反射率データベースの例を示す図である。

30

【0022】

(建物の音シミュレーションシステムの構成)

図1に示すように、建物の音シミュレーションシステムは、システム本体1、入力手段2、出力手段3を有している。入力手段2は演算に必要な情報を入力する手段であって、キーボードやマウスなどの入力装置、および記憶媒体、ネットワークなどが含まれる。出力手段3は演算結果を出力するものであり、画面表示するモニタ、印刷するプリンタ、およびデータとして保存する記録媒体などが含まれる。

40

【0023】

システム本体1の記憶領域11には、入力手段2から入力された音源空間と透過空間との間に第1の障壁を有する建物情報と、音源情報と、受音点情報が格納される。

【0024】

建物情報は、部屋(音源空間30と透過空間31)の寸法や壁(第1の障壁32、第2の障壁33等)の厚さなどの空間座標情報、および壁(第1の障壁32、第2の障壁33等)の材質や種類などの障壁情報を含む。音源情報は、音源の空間座標(位置)、音源の特性(周波数特性、指向性、強度)を含む。受音点情報は、音圧を受ける空間座標(位置)を含む。

【0025】

またシステム本体1は、図4に示すように、壁の材質や種類に対してその透過率を格納

50

した透過率・反射率データベース12を備えている。なお、透過率・反射率データベース12は必ずしも本体内に組み込まれている必要はなく、必要に応じてネットワーク型やCDROMなどの記録媒体による供給も可能である。

【0026】

またシステム本体1は、第1～第3の演算手段13～15を有する。これらのシステム本体1の各要素はCPU10に接続され、所定の処理が行われる。なお、実際上は、記憶領域11はRAMまたはハードディスクなどの記憶手段であり、透過率・反射率データベース12は記憶手段に保存されたデータである。また第1～第3の演算手段13～15はプログラムによって実現されるモジュールであって、CPU10に読み込まれてハードウェアとして所定の動作をする。

10

【0027】

第1の演算手段13は、入力手段2により入力した情報に基づいて、音源空間30において、音源34から第1の障壁32を分割した各々の基準面32aが受けるエネルギーを演算する。具体的な演算手法は、特に限定されるものではなく、音線法、虚像法等の演算手法を用いることができる。また、複雑な演算手法を省略して、各々の基準面32aが受けるエネルギーは、音源34や音源空間30と所定の関係を有する所定の値（例えば障壁の設定された透過率に基づく値）として算出してもよい。

【0028】

また、基準面32aに変えて、内容を体積を持たない点、もしくは点を中心として一定の領域を持つ空間としてもよい。すなわち、基準面32aに変えて、音源34から第1の障壁32に設定した基準点が受けるエネルギーを演算してもよい。また、基準面32aに変えて、音源34から第1の障壁32に設定した基準空間が受けるエネルギーを演算してもよい。

20

【0029】

また、図2では、第1の障壁32を4×4の16の基準面32aに分割しているが、分割数、方法はこれに限定されるものではない。例えば、4×8の32の基準面32aに分割してもよい。

【0030】

音線法の演算手法については、既によく知られているため、ここでは詳細な説明を割愛する。簡略に説明すれば、音線法のみを用いる場合には、まず音源から所定の間隔で多数の音線を設定し、その音線のベクトルと壁との交点を割り出す。そしてベクトルと壁の角度に応じて反射する音線の方向を求め、次の交点を割り出す。反射があらかじめ定めた所定回数に到達していれば、それ以上の反射はさせない（音線の終端は壁との交点になる）。全ての音線について交点と経路が決定すると、距離による減衰と反射による減衰を考慮しつつ、それぞれの経路に沿って音圧レベルを計算する。なお、音圧レベルの計算は、経路の演算が全て終了する前に（例えば一つの音線経路が決定するごとに）行うことでも良い。

30

【0031】

ただし、音線法は、方向や相対的なインテンシティ、到達時間が正確に求められないため、正確なインパルス応答の計算とドライソースの畳み込みを行うような場合、虚像法を用いる場合が多い。虚像法を用いた場合は、受音点を設定し、障壁に対称な位置に音源の虚像を作成し、この虚像と受音点を結ぶ音線と障壁の交わる点を交点（反射点）として求める。2回反射、3回反射を考える場合には、まず最初に反射しうる障壁に対称な位置に虚像を作成し、次に反射しうる障壁について虚像の虚像を作成し、このように反射回数に応じて重畳的な虚像を作成する。音圧レベルの計算については、上記と同様である。

40

【0032】

第2の演算手段14は、第1の演算手段13より演算した基準面32aの音源空間側が受けるエネルギーに基づいて、透過空間側の仮音源35のエネルギーを演算する。ここで仮音源とは、透過空間側31の演算を行うため壁面表面に設定された音源のことを指す。

【0033】

例えば、図2のように、4枚の基準面32aの中心に仮音源35を設定する場合には、その

50

仮音源35のエネルギーは、4枚の基準面32aが受けるエネルギーを合計したものを障壁32の透過率等を考慮した値となる。

【0034】

なお、本実施形態では4枚の基準面32aに対して1つの仮音源35を設けた構成について説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。例えば、5枚の基準面32aに対して2つの仮音源35を設定するなど、複数枚の基準面32aに対して基準面32aの枚数より少ない仮音源35を設定する構成であればよい。

【0035】

これにより、1枚の基準面32aに対して1つの仮音源35を設定した場合に比べて、計算量を少なくすることができ、簡易に演算することができる。また、この場合でも実測値に近い良好な結果を得ることができる。

10

【0036】

第3の演算手段15は、仮音源35から放射されて受音点36に入射される音線Lの音圧レベルを演算する。第3の演算手段15は、第4及び第5の演算手段16、17を有している。

【0037】

第4の演算手段16は、仮音源35から透過空間31の内面(第2の障壁33)を複数に分割した第2の基準面33aの点(第2の仮音源33a1)に放射される音線L1のエネルギーと、仮音源35から直接受音点36に放射される音線L2のエネルギーと、を演算する。

【0038】

第5の演算手段17は、第2の基準面33aで反射されて(第2の仮音源33a1から放射されて)受音点36に達する音線L3と、直接受音点36に達する音線L2について、その経路に沿って音圧レベルを演算する。また、第5の演算手段17は、第2の基準面33aで反射され、さらに第2の基準面33a(透過空間内の第1の基準面32aも含む)で数回反射されて、受音点36に達する音線について、その経路に沿って音圧レベルを演算する。

20

【0039】

(建物の音シミュレーションシステムの動作)

次に、図3を用いて、建物の音シミュレーションシステムの動作について説明する。図3に示すように、まずは音源がある音源空間30といくつかの透過空間31を判別する(S1)。そして第1の演算手段13を用いて、音源空間30において、音源34から各々の基準面32aが受けるエネルギーを演算する(S2)。

30

【0040】

次に第2の演算手段14を用いて、仮音源35を設定し(S3)、基準面32aが受けるエネルギー、仮音源35に対する基準面32aの数、障壁32の透過率に基づいて、仮音源35のエネルギーを演算する(S4)。

【0041】

次に第4の演算手段16を用いて、透過空間31の内面を複数に分割した第2の基準面33aの点を生成する(S5)。そして仮音源35と第2の基準面33aの点を結ぶ音線ベクトルL1と、仮音源35と受音点36を結ぶ音線ベクトルL2と、を生成する(S6)。

【0042】

次に、生成した音線ベクトルL1、L2のうち、1つの音線ベクトルを特定し、前者の音線ベクトルL1か、後者の音線ベクトルL2かを判断する(S7)。

40

【0043】

S7で後者の音線ベクトルL2と判断した場合には、後者の音線ベクトルL2の距離、空気減衰率、仮音源35のエネルギーに基づいて、各音線ベクトルのエネルギー(受音点36の受けるエネルギー)を演算し、積算し、その音線ベクトルL2についての演算を終了する(S7)。

【0044】

そして、全ての音線ベクトルについて演算を終了したか否かを判断する(S9)。

【0045】

S7で前者の音線ベクトルL1と判断した場合には、前者の音線ベクトルL1の距離、

50

空気減衰率、障壁33の透過率・反射率、仮音源35のエネルギーに基づいて、各音線ベクトルのエネルギー（第2の基準面33aの受けるエネルギー）を演算し、積算していく（S10）。

【0046】

そして、第5の演算手段17を用いて、第2の基準面33aの受けたエネルギー（積算値）が第2の基準面33aで反射する音線について計算すべき所定の値以上か否かを判断する（S11）。この際、例えば建物内部から外部に出る基準面32aの場合、33aを探索出来ないため、32a→33aへの演算は行わないこととなる。

【0047】

S11で所定の値以上と判断した場合には、第2の基準面33aの点を仮音源とし、S6に戻る。そして、この第2の基準面33aの点（仮音源）と他の第2の基準面33aの点とを結ぶ音線ベクトルと、第2の基準面33aの点（仮音源）と受音点36を結ぶ音線ベクトルとを生成する（S6）。

10

【0048】

S11で所定の値未満と判断した場合には、その音線ベクトルについての演算を終了する（S12）。そして、全ての音線ベクトルについて演算を終了したか否かを判断する（S9）。

【0049】

S9で全ての音線ベクトルについて演算を終了していないと判断した場合には、S6に戻り、演算の終了していない他の音線ベクトルについて演算を行う（S7）。

20

【0050】

S9で全ての音線ベクトルについて演算を終了していると判断した場合には、受音点36の受けたエネルギーの積算値を音圧レベルに変換し、シミュレーションを終了する。

【0051】

なお、上記動作（S11）において、第2の基準面33aにおける音線の反射回数は、2の基準面33aの受けたエネルギー（積算値）で判断したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、仮音源35からの反射回数が所定回数に至ったかどうかで判断してもよい。このように、S11の反射回数の制限があるため音線ベクトルは早期に増加が収束し、やがて演算は終了する。

【0052】

なお、本実施形態は、音源空間と透過空間の2部屋について説明したが、本発明は部屋数を限定されるものではない。すなわち、第2の仮音源33a1は、仮音源35から放出された音線を反射させ、また別の部屋（透過空間）へ透過させる。そして、第2の演算手段は、第2の基準面33aの点（仮音源）の受けるエネルギーに基づいて、別の部屋（透過空間）側に仮音源を設定し、この仮音源のエネルギーを演算する。

30

【0053】

また、音源空間や透過空間は建物の外にあっても良い。すなわち、音源空間と透過空間はいずれか1つ以上が建物の外にあってもよい。

【0054】

上述のごとく、第1の演算手段13より演算した基準面32aの音源空間側が受けるエネルギーに基づいて、透過空間側の仮音源35のエネルギーを演算する第2の演算手段14を設けた。これにより、障壁と音線との交点ごとにその反対側の面に仮音源を設定する方法に比べて計算量を少なくすることができ、障壁を越えた時点でベクトルを失った音線を仮音源35として再現することができる。従って、障壁の多い建物の音環境を、簡易に演算し、実測値に近い良好な結果を得ることができる。

40

【0055】

また、音線ベクトルは、仮音源35と受音点36及び第2の基準点の点を結ぶように配置し、第2の基準点の点と受音点36及び第2の基準点の点を結ぶように配置した。これにより、音線ベクトルを所定の角度で分散させる場合に比べて、音線の粗密を無くし、計算の効率を良くすることができる。すなわち、音線ベクトルが確実に受音点36に入るため、シユ

50

ミレーション結果に反映されない無駄な計算を省略することができ、障壁の多い建物の音環境を、簡易に演算し、実測値に近い良好な結果を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0056】

本発明は、住宅など障壁の多い建物の音シミュレーションに利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本実施形態に係る音シミュレーションシステムの概略構成図である。

【図2】建物の音シミュレーションシステムを用いる建物の構成図である。

【図3】建物の音シミュレーションシステムの動作を説明するフローチャートである。 10

【図4】透過率・反射率データベースの例を示す図である。

【符号の説明】

【0058】

- L ... 音線
- 1 ... システム本体
- 2 ... 入力手段
- 3 ... 出力手段
- 11 ... 記憶領域
- 12 ... 透過率・反射率データベース
- 13～17 ... 第1～第5の演算手段 20
- 30 ... 音源空間
- 31 ... 透過空間
- 32、33 ... 障壁
- 32a、33a ... 第1及び第2の基準面
- 34 ... 音源
- 35、33a1 ... 仮音源
- 36 ... 受音点

