

視角測定に基づく歩行者の位置認識システムの実現

石川 健太[†] 高橋 直久[†]

本稿では、視角測定に基づく歩行者の位置認識システムを提案する。提案システムは、歩行者の見える建造物間などの視角を計測することによって、その位置を認識するシステムである。提案システムは、視角マップ生成機能、誤差を考慮した位置候補集合の導出機能、位置候補集合の絞り込み機能、近接セグメントの統合機能を持つ。これらの機能により、提案システムは、位置認識に必要な計算時間やデータが減り、位置認識に複数箇所の視角を用いることができ、さらに計測した視角に誤差が含まれる場合でも正しい位置を認識できるようになる。また本稿では、提案方式のプロトタイプを実装し、誤差を考慮した位置候補集合の導出機能の誤差への対応部分と、近接セグメントの統合機能に対する有効性を確かめる検証実験について述べる。

Implementation of a Pedestrian Location System based on Optic Angle Measurements

KENTA ISHIKAWA[†] and NAOHISA TAKAHASHI[†]

This paper presents a pedestrian location system based on optic angle measurements. The proposed system recognizes the location by measuring optic angle between buildings. It has four functions, which decrease calculation time and data for locating a pedestrian. In addition, it can find the location by measuring multiple optic angles with these functions, and it can recognize the correct location even when there is a tolerable degree of error in the measurement of optic angles.

1. はじめに

近年、GPS 内蔵の携帯電話など携帯端末を利用した歩行者ナビゲーションシステムが普及しつつある。これに対し、我々は GPS などの位置特定装置を用いず、歩行者から見える情景（建造物など）を利用して歩行者を目的地へ誘導する歩行者ナビゲーションシステムの実現を目指している。本論文では、歩行者から見える情景のうち建造物間などの視角（これを視角による視認状況、または単に視認状況とよぶ）に着目した位置認識システムを提案する。提案システムでは、歩行者の位置と、その位置から計測した視角（視認状況）との対応関係を示した視角マップを用いる。提案システムは、歩行者の見える建造物間などの視角を計測することで視認状況を得て、視角マップを用い視認状況が合致する位置を求めることによって歩行者の位置を認識する。

提案システムでは、次の4つの機能を実現する。

機能 1 2次元地図データ及び3次元地図データを用いて、視角マップを生成する機能。視角マップを用いることによって、歩行者の計測した視角からその位置を求める時、元の2次元地図データや3次元地図データと比べ、比較的少量のデータで高速に歩行者の位置を認識することができる。

機能 2 歩行者の計測した視角から視認状況を生成し、その視認状況が合致する地点（位置の候補地）の集合を視角マップから求める機能。また、本機能で生成される視認状況は誤差を考慮することができ、視角の計測などに誤差があっても間違った位置を認識する状況を減らすことができる。

機能 3 視認状況が合致する地点（位置の候補地）の集合を絞り込む機能。異なる位置で同一の視認状況が得られる場合であっても、視角の計測箇所を増やし本機能を適用させることで視認状況が一致する位置を減らすことができる。

機能 4 近接している位置の候補地を一つに統合する機能。システム上では異なる場所にあると判断されている2つ以上の位置は、地図上では近接しており位置認識時に同じ位置と判断してもかまわない場合がある。この場合、システムは近接した場

[†] 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
Department of Computer Science and Engineering,
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of
Technology

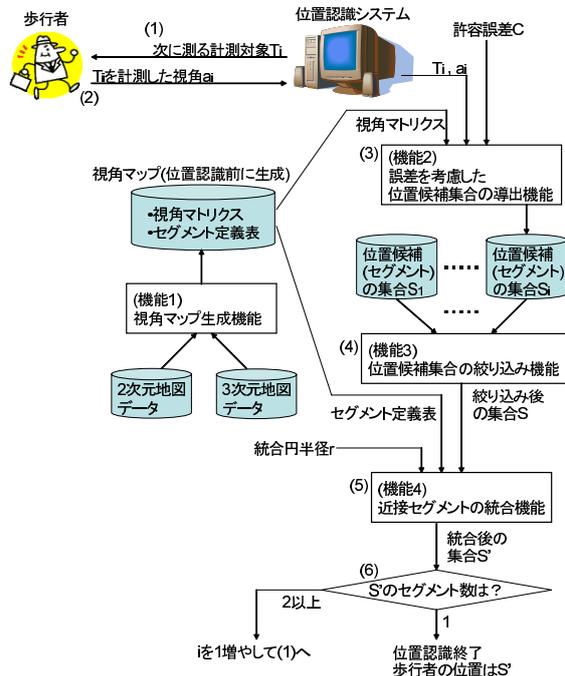


図1 提案システムの概要

所のどこにいるかまで詳細に求めようとするため、視角の計測回数が増え、その結果歩行者への負担が増大してしまう。本機能は、位置認識に必要な視角の計測回数を減らすため、近接している複数の位置を一つの位置として統合する。

本稿の構成は次の通りである。2章で提案システムの実現方式を述べ、3章で提案システムのプロトタイプを用いて検証実験を行う。そして、続く4章で関連研究、5章でまとめと今後の課題を示す。

2. 提案システムの実現方式

提案システムは、1章で述べた4つの機能（視角マップ生成機能、誤差を考慮した位置候補集合の導出機能、位置候補集合の絞り込み機能、近接セグメントの統合機能）によって成る。図1に各機能の関係、及び提案システムによる歩行者の位置認識の流れを示す。本章では、2.1節で提案システムを構成するデータについて述べ、2.2節で位置認識の流れを述べる。そして、2.3節以降では、1章で述べた4つの機能についてそれぞれ実現方式を述べる。

2.1 提案システムを構成するデータ

本節では、視認状況 V 、許容誤差 C 、地図データ、セグメント、視角マップ、統合円半径 r についてそれぞれ述べる。

表1 本論文で用いる計測対象

計測対象 T_1	歩道の反対側に見える建造物のうち、正面に見える建造物の右端と、その一つ右に見える建造物の右端との間の視角
計測対象 T_2	歩道の反対側に見える建造物のうち、正面に見える建造物の左端と右端との間の視角
計測対象 T_3	歩道の反対側に見える建造物のうち、正面に見える建造物の左端と、その一つ左に見える建造物の左端との間の視角
計測対象 T_4	歩道の反対側に見える建造物のうち、正面に見える建造物から一つ右に見える建造物の仰角
計測対象 T_5	歩道の反対側に見える建造物のうち、正面に見える建造物の仰角
計測対象 T_6	歩道の反対側に見える建造物のうち、正面に見える建造物から一つ左に見える建造物の仰角

2.1.1 視認状況 V

提案システムは、歩行者の視認状況を用いることによって、歩行者の位置を認識する。本論文では視認状況を歩行者から見える建造物間などの視角により表す。具体的には、以下の式によって表す。

$$V = \{(T_i, [a_{i_{min}}, a_{i_{max}}]), (T_j, [a_{j_{min}}, a_{j_{max}}]), \dots\}$$

ここで、 T_i は視角を計測する場所（計測対象）であり、歩行者とシステムの双方が理解できる規則によって定められている。本論文では、表1に示す6つの計測対象を用いる。また、 $[a_{i_{min}}, a_{i_{max}}]$ は、計測対象 T_i を計測した視角 a_i の取りうる範囲である。視角を範囲で表しているのは、視角の測定値 a_i の取りうる値が、誤差によって広がった場合に対応するためである。

例えば、歩道の反対側の正面に見える建造物の左端とその一つ左に見える建造物の左端との間の視角が36度ちょうど、歩道の反対側の正面に見える建造物の高さの角度（仰角）が26度から30度のいずれかである場合、視認状況 V は、 $V = \{(T_3, [36度, 36度]), (T_5, [26度, 30度])\}$ と表される。

2.1.2 許容誤差 C

計測された視角に誤差が生じた場合でも、その誤差が許容誤差 C 以下ならば、システムは間違った位置を認識しないようにする。本論文では、許容誤差 C を最大許容誤差 C_{max} を用いて表す。 C_{max} を用いる場合、誤差を含まない正確な視角を a_{i_0} とすると、計測した視角が $a_{i_0} - C_{max}$ 以上 $a_{i_0} + C_{max}$ 以下ならば、システムは間違った位置を認識しないこととなる。

2.1.3 地図データ

提案システムでは、2次元地図データとして昭文社のMDX形式ファイル²⁾を用い、3次元地図データとしてMAPCUBEのOBJ形式ファイル³⁾を用いてい

表 2 視角マップ生成機能に必要な 2 次元地図データ

必要なデータ	備考
各道路を構成する点の集合	1 本の道路は, 2 つ以上の点を線で結ぶことで表現
各点の座標	点を構成する x 座標, y 座標
各道路の幅	1 本の道路に対する幅

表 3 視角マップ生成機能に必要な 3 次元地図データ

必要なデータ	備考
各建造物を構成する面の集合	1 つの建造物は, 複数の面を貼り合わせることで表現
各面を構成する点の集合	1 つの面は, 複数の点を結ぶことで表現
点の座標	点を構成する x 座標, y 座標, z 座標

表 4 視角マトリクスの例

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
s ₁	20 度	15 度	55 度	10 度	25 度	25 度
s ₂	20 度	15 度	50 度	10 度	25 度	25 度
s ₃	20 度	15 度	50 度	15 度	25 度	25 度
s ₄	20 度	15 度	45 度	15 度	25 度	25 度
s ₅	20 度	20 度	45 度	15 度	25 度	25 度
s ₆	20 度	20 度	45 度	15 度	25 度	20 度
s ₇	-	25 度	10 度	-	15 度	25 度

s₁, s₂, …, s₇ は, セグメントの ID を示す.
また, 表中の - は, 建造物がないために視角を測れないことを示す.

る. また, 視角マップ生成機能に使用するデータを表 2, 表 3 に挙げる.

2.1.4 セグメント

セグメントとは, 視認状況が変わる場所で一本の歩道を区切った線分である. セグメントの長さは通常 1 メートル程度と短いため, 歩行者がこの 1 メートルのどこにいるかは問題にしない. 提案システムにおいて位置の候補地はセグメントで表現され, 機能 2, 3, 4 を用いてセグメントを 1 つに絞り込めば位置を認識したものとする.

2.1.5 視角マップ

視角マップは, 視角マトリクスとセグメント定義表からなる. 視角マトリクスは, 表 4 の例に示すように, 歩道上の各位置 (セグメント) に対する視認状況 V を格納したデータである. 視角マトリクスに格納される視角は量子化されている. 量子化によりセグメント数が減り, その結果視角マトリクスのデータ量を減らすことができる. 表 4 の例では, 5 度を区切りに量子化している. また, セグメント定義表は, 表 5 の例に示すように, セグメントの位置が格納されているデータである.

2.1.6 統合円半径 r

位置認識に必要な視角の計測回数を減らすため, 近接セグメントの統合機能 (機能 4) を用いて近接しているセグメントを一つのまとまりに統合する. その時,

表 5 セグメント定義表の例

	始点 x 座標	始点 y 座標	終点 x 座標	終点 y 座標
s ₁	23633.63	92940.63	23632.53	92940.61
s ₂	23632.53	92940.61	23629.73	92940.53
s ₃	23629.73	92940.53	23628.73	92940.50
s ₄	23628.73	92940.50	23627.93	92940.48
s ₅	23627.93	92940.48	23627.03	92940.46
s ₆	23627.03	92940.46	23626.33	92940.44
s ₇	23626.33	92940.44	23624.23	92940.38

s₁, s₂, …, s₇ は, セグメントの ID を示す.

セグメントが近接しているかどうかを判定するために統合円半径 r を用いる. 具体的には, あるセグメント s_i から距離 r 以内に含まれている全てのセグメントを s_i に近接しているセグメントとする.

2.2 提案システムによる位置認識の流れ

図 1 にしたがって, 提案システムによる位置認識の流れを示す. なお, 視角マップは位置認識前に生成されているものとする.

(1) 提案システムは, 次に計測すべき計測対象 T_i を歩行者に提示する.

(2) 歩行者は, 計測対象 T_i の視角 a_i を計測する.

(3) 提案システムは, 誤差を考慮した位置候補集合の導出機能 (機能 2) によって, 計測対象 T_i と視角 a_i と許容誤差 C および視角マトリクスから, 位置候補 (セグメント) の集合 S_i を求める.

(4) 提案システムは, 位置候補集合の絞り込み機能 (機能 3) によって, 位置候補集合 S₁, …, S_i を絞り込み, 絞り込み後の集合 S を求める.

(5) 提案システムは, 近接セグメントの統合機能 (機能 4) によって, 絞り込み後の集合 S と統合円半径 r とセグメント定義表から, 近接したセグメントを統合し, 統合後の集合 S' を求める.

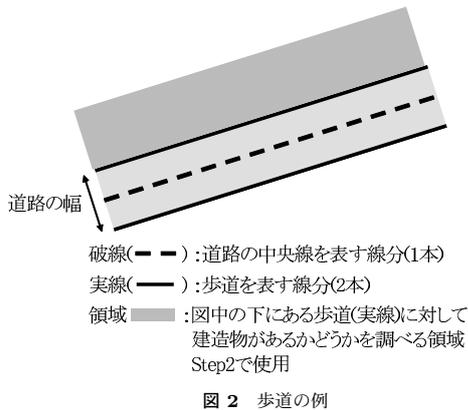
(6) 統合後の集合 S' の要素数 (統合されたセグメントの数) が 1 の場合, S' に含まれる 1 つの統合されたセグメントが歩行者の位置となり, 位置認識は終了する. S' の要素数が 2 以上の場合, i の値を 1 増やして (1) へ戻る.

2.3 視角マップ生成機能 (機能 1)

本節では, 視角マップの生成手法を述べる. 視角マップは視角マトリクスとセグメント定義表から成り, 次の 5 つの手順によって視角マトリクスとセグメント定義表の生成を行う.

Step1 2 次元地図データを用いて歩道の位置を求める.

Step2 Step1 で求めた各歩道に対して, 視角の計測に必要な建造物を 3 次元地図データに格納されている建造物の中から選択する.



Step3 歩道上の各位置に対して、視角の計測に必要なとなる建物を Step2 で求めた建物の中から選択する。

Step4 Step3 の位置、建物から、各計測対象の視角を計算する。

Step5 Step4 で求めた各計測対象の視角、及びその位置を、視角マトリクスとセグメント定義表に格納する。

次に、上記の各手順の詳細を述べる。なお、本論文において、視角マップの生成に必要な計測対象は表 1 に示す 6 つとする。

2.3.1 歩道の位置導出 (Step1)

2次元地図データから得た表 2 のデータを用いて、歩道の位置を求める。求める歩道は、道路の中心を表す線分を、その線分に垂直な 2 方向にそれぞれ (道路の幅) / 2 メートルだけ平行移動した線分となる。歩道の例を図 2 に示す。

2.3.2 各歩道に対する建物導出 (Step2)

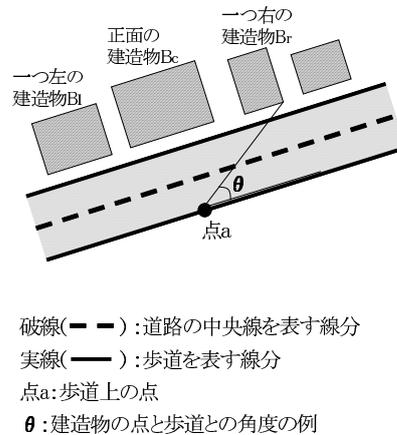
Step1 で求めた各歩道に対して、視角の計測に必要なとなる建物を 3次元地図データに格納されている建物の中から選択する。

ここでは、表 1 に示す計測対象に必要な、歩道の反対側に見える建物の導出手法を述べる。Step1 で求めた歩道の位置、道路の幅 (表 2 参照)、建物のデータ (表 3 参照) を用い、次の手順によって歩道の反対側に見える建物を求める。

Step2.1 建物を構成する面を xy 平面に射影する。

Step2.2 歩道の位置、及び道路の幅から、歩道の反対側を表す領域を求める。図 2 の領域部分はその例である。

Step2.3 Step2.2 で求めた領域に、Step2.1 で射影した面が含まれているかどうか調べる。含まれていれば、その建物が歩道の反対側に見える建



物となる。

2.3.3 歩道上の各位置に対する建物導出 (Step3)

歩道上の各位置に対して、視角の計測に必要なとなる建物を Step2 で求めた建物の中から選択する。これ以降、歩道上の位置を点 a とする。

ここでは、表 1 に示す計測対象に必要なとなる 3 つの建物の導出手法を述べる。3 つの建物とは、歩道の反対側に見える建物のうち、正面に見える建物、正面から一つ右に見える建物、正面から一つ左に見える建物であり、それぞれ建物 B_c 、建物 B_r 、建物 B_l と呼ぶこととする。3 つの建物の例を図 3 に示す。

まず、Step2 で求めた建物それぞれに対し、歩道上の点 a から見て一番右側に見える点を求める。この点を求めるため、歩道の線分と、点 a と建物の点による線分との角度 θ を比較する。図 3 の例においては、 θ が最小値となる点が一番右側に見える点となる。 θ の最小値を θ_r とする。

次に、 θ_r を比較して 3 つの建物 B_c 、 B_r 、 B_l を求める。図 3 の例において、次の基準により建物 B_c 、 B_r 、 B_l を求める。ただし、場所によっては該当する建物が存在しない場合もある。

建物 B_c θ_r が 90 度以下となる建物のうち、もっとも θ_r が大きい建物

建物 B_r θ_r が 90 度以下となる建物のうち、2 番目に θ_r が大きい建物

建物 B_l θ_r が 90 度より大きくなる建物のうち、もっとも θ_r が小さい建物

2.3.4 各計測対象に対する視角の計算 (Step4)

Step3 で用いた点 a に対し、視角の計測に必要なとなる各建物をを用いて、各計測対象の視角を計算する。

ここでは、表 1 に示す計測対象 T_1 の視角 a_1 の計算手法の流れを述べる。最初に、歩道上の点 a から建造物 B_r を見た時の一番右端に見える点 b と、歩道上の点 a から建造物 B_c を見た時の一番右端に見える点 c を求める。そして、線分 ab、線分 ac 間の角度が視角 a_1 となる。

2.3.5 視角マトリクスとセグメント定義表への格納 (Step5)

Step4 で求めた各計測対象の視角とその位置（視認状況）を、視角マトリクスとセグメント定義表に格納する。この時、連続する 2 つ以上の位置において視認状況が等しくなる場合、それらの位置は同一のセグメントとして扱う。ただし、視角マップのデータ量を抑えるため、視角は量子化しておく必要がある。

2.4 位置候補集合の導出機能 (機能 2)

本機能によって、計測対象 T_i を計測した視角 a_i から、歩行者の位置候補集合を求める。本機能は、視認状況 V_i 導出部と位置候補集合導出部からなる。ここで視認状況 V_i は、1 つの視角 a_i のみによる視認状況である。

2.4.1 視認状況 V_i 導出部

計測視角 a_i と許容誤差 C から視認状況 V_i を求める。最大許容誤差 C_{max} を用いると、 V_i は次の式で表される。

$$V_i = \{(T_i, [a_i + C_{max}, a_i - C_{max}])\}$$

例えば、表 4、表 5 で構成された視角マップにおいて、視認状況 T_3 の計測視角 a_3 が 53 度、最大許容誤差 C_{max} が 3 度の場合、視認状況は $V_3 = \{(T_3, [50 度, 56 度])\}$ となる。

2.4.2 位置候補集合導出部

視認状況 V_i から位置候補集合を求める。視角マトリクスを参照し、 V_i の $[a_{i_{min}}, a_{i_{max}}]$ を含むセグメント全てが位置候補集合となる。

例えば、表 4、表 5 で構成された視角マップにおいて、視認状況が $V_3 = \{(T_3, [50 度, 56 度])\}$ であった場合、その位置候補集合を求めると、 a_3 が 50 度または 55 度となるセグメントの集合、すなわち $\{s_1, s_2, s_3\}$ となる。

2.5 位置候補集合の絞り込み機能 (機能 3)

本機能は、位置候補集合の導出機能 (機能 2) から求められた複数の位置候補集合を絞り込む。具体的には、複数の位置候補集合の積集合を取る。

例えば、視角 a_3 による位置候補集合が $\{s_1, s_2, s_3\}$ 、視角 a_4 による位置候補集合が $\{s_3, s_4, s_5, s_6\}$ であった場合、絞り込まれる位置候補集合は、その積を取った $\{s_3\}$ となる。

2.6 近接セグメントの統合機能 (機能 4)

本機能は、あるセグメント s_i から統合円半径 r 以内に存在するすべてのセグメントを 1 つのセグメントとして統合する。統合前の位置候補集合を S 、統合後の位置候補集合 S' とすると、以下の流れで S' を求める。

Step1 S に含まれる全てのセグメントに対し、セグメント s_i から r 以内の距離に存在するセグメントの集合 S_i を求める。ただし集合 S_i にはセグメント s_i は含まれない。

Step2 S に含まれる全てのセグメント s_i に対し Step1 を行い、全ての S_i に対し最も要素数が多い集合 S_{max} を求める。

Step3 S_{max} の要素数が 0 (これ以上統合ができない状態) の場合 Step5 へ進む。1 以上の場合 Step4 へ進む。

Step4 S_{max} に含まれているセグメントを S から差し引き、Step1 に戻る。

Step5 統合後の位置候補集合 S' は、この時点での集合 S となる。

3. 実験

本論文では、前述した機能 2 と機能 4 の有効性を示す検証実験をそれぞれ行う。

3.1 実験 1

3.1.1 実験目的

本実験の目的は、誤差を考慮した位置候補集合の導出機能 (機能 2) において誤差を考慮することの有効性を示し、またその機能を使う上での問題点や課題を発見することである。

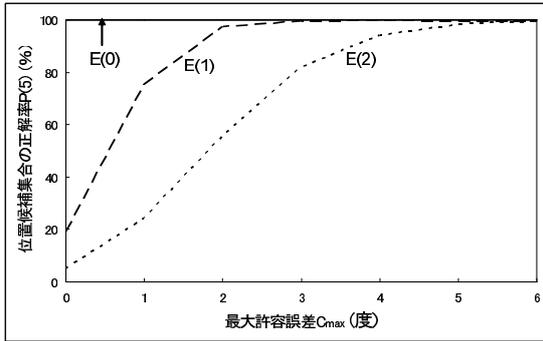
3.1.2 実験方法

本実験は、 m_{max} 個のセグメントが存在する領域 R において、最大許容誤差 C_{max} の大きさを変えながら、 $n=5$ の時における位置候補集合の正解率 $P(n)$ を求めることによって行われる。位置候補集合の正解率 $P(n)$ は、 n 個の視角から絞り込んだ位置候補集合に正しい位置が含まれる確率であり、次の式で計算される。

$$P(n) = \frac{1}{m_{max}} \sum_{m=1}^{m_{max}} c(m, n)$$

ここで、 $c(m, n)$ は、位置認識の成否を示す関数である。セグメント m において n 個の視角から絞り込んだ位置候補集合を求め、その集合に正しい歩行者の位置であるセグメント m が含まれていれば $c(m, n) = 1$ となり、含まれていなければ $c(m, n) = 0$ となる。

また、本実験において計測した視角は、視角マトリクスに格納された視角に誤差モデル $E(\sigma)$ から無作為に決定する誤差を含めたものとする。本実験における



E(0), E(1), E(2) は誤差モデルを示す。

図 4 最大許容誤差 C_{max} に対する位置候補集合の正解率 $P(n)$ ($n=5$)

誤差モデル $E(\sigma)$ は正規分布で与えられ、誤差 x 度に対する確率密度関数 $e(x)$ は次の式で表される。

$$e(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{\sigma^2}\right)$$

なお、本実験で用いる誤差モデルは、 $E(0)$ 、 $E(1)$ 、 $E(2)$ の 3 つとする。 $E(0)$ は誤差は無く、 σ が大きくなるにしたがって誤差も大きくなる。 $E(1)$ は 99 % 以上が誤差 ± 3 度以内であり、 $E(2)$ は 99 % 以上が誤差 ± 6 度以内である。

3.1.3 実験環境

本実験を行う領域 R は名古屋市栄の南西部約 600 メートル四方である。また、本実験で用いる計測対象 T_i は表 1 の 6 つとする。本実験で用いる視角マップは前述した地図データから生成されたものであり、視角の量子化は 2 度を区切りとして行われている。

3.1.4 実験結果

実験結果を図 4 に示す。図 4 で、横軸は最大許容誤差 C_{max} を示し、縦軸は 5 個の視角計測後における位置候補集合の正解率 $P(5)$ を示す。また、 $E(0)$ 、 $E(1)$ 、 $E(2)$ はそれぞれの誤差モデルを示す。

まず、図 4 の誤差モデル $E(1)$ に着目する。 $C_{max}=0$ 度における $P(5)$ は 19.3 % であるが、 C_{max} が大きくなるにしたがって $P(5)$ は増加し、 $C_{max}=3$ 度における $P(5)$ は 99.8 % となっている。 C_{max} が 0 度、つまり誤差を考慮しない場合、位置候補集合に正しい位置が含まれている確率は 19.3 % と低く、実用性があるとは言えない。それに対し、 C_{max} を 3 度まで増加させて誤差を考慮した場合、位置候補集合に正しい位置が含まれている確率は 99.8 % とほぼ 100 % であり、実用性があると言える。以上より、誤差を考慮することの有効性が示された。

また、図 4 の誤差モデル $E(2)$ に着目した場合、 $C_{max}=3$ 度の時の $P(5)$ は 82.1 % となり、約 5 回に

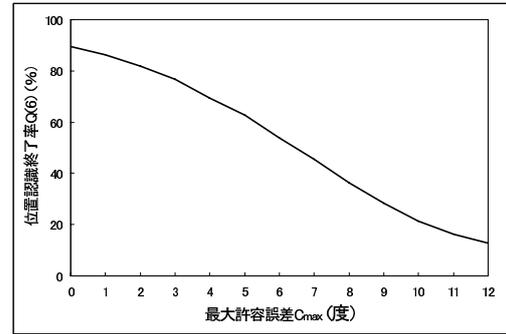


図 5 最大許容誤差 C_{max} に対する位置認識終了率 $Q(n)$ ($n=6$)

1 回は位置認識に失敗してしまう。 $P(5)$ をほぼ 100 % にするためには C_{max} を大きくすればよく、図 4 の $C_{max}=6$ 度の際における $P(5)$ はほぼ 100 % となっている。このように C_{max} の値を増やせば、誤差が大きくなった場合にも対応できるようになる。ただし、 C_{max} が大きくなると位置認識までに必要な視角の計測回数が増えるという問題点がある。その確認のため、最大許容誤差 C_{max} に対する、 $n=6$ における位置認識終了確率 $Q(n)$ (視角を 6 回計測するまでに位置を認識できる確率) を図 5 に示す (図 5 において、誤差は $E(0)$ に従い、統合円半径 $r=5$ メートルとして機能 4 を使用してある)。図 5 において、横軸は C_{max} 、縦軸は $Q(6)$ を示し、 C_{max} が大きくなるほど $Q(6)$ が低下していることが確認できる。そのため、 C_{max} が大きくなると位置認識に必要な視角の計測回数が増えると言える。以上より、誤差が正規分布の誤差モデル $E(\sigma)$ に従う場合において、視角の計測回数をできるだけ抑えながら $P(n)$ をほぼ 100 % に維持したいとすると、 C_{max} は 2σ から 3σ 程度とするのが妥当であると考えられる。

最後に、本実験で用いた誤差はモデルによるものであり、実際に視角を計測するなどして生じた誤差ではない。提案システムを実用化するためには、実際の誤差に対して、視角の計測回数をできるだけ抑えながら $P(n)$ をほぼ 100 % に維持できるような許容誤差 C を求める必要がある。この許容誤差 C を求めることが今後の課題となる。

3.2 実験 2

3.2.1 実験目的

本実験の目的は、近接セグメントの統合機能 (機能 4) の有効性を示すことである。

3.2.2 実験方法

本実験は、 m_{max} 個のセグメントが存在する領域 R で統合円半径 r の大きさを変化させ、 n 個の視角を計

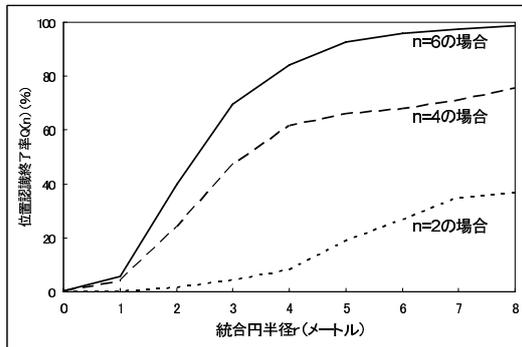


図 6 統合円半径 r に対する位置認識終了率 $Q(n)$ ($n=2,4,6$)

測した場合における位置認識終了確率 $Q(n)$ を求める。

実験 1 の結果より、システムは誤差を考慮する必要があると言えるため、本実験では最大許容誤差 C_{max} は 3 度とした。ただし、本実験で用いる計測した視角自体には誤差はないものとする。

3.2.3 実験環境

本実験を行う領域 R は名古屋市栄の南西部約 100 メートル四方である。また、本実験で用いる計測対象 T_i は表 1 の 6 つとする。そのため、 $n=2, 4, 6$ に対してそれぞれ $Q(n)$ を計算する。本実験で用いる視角マップは前述した地図データから生成されたものであり、視角の量子化は 2 度を区切りとして行われている。

3.2.4 実験結果

実験結果を図 6 に示す。図 6 で、横軸は統合円半径 r を示し、位置認識終了確率 $Q(n)$ を示す。また、 $n=2, n=4, n=6$ は視角の計測回数であり、それぞれの計測回数 n に対して $Q(n)$ を求めた。

図 6 において、 $n=6$ の場合に注目する。 $r=0$ メートルにおける $Q(6)$ は 0.2 % であるが、 r が大きくなるにしたがって $Q(6)$ は増加し、 $r=5$ メートルにおける $Q(6)$ は 92.8 % となっている。 r が 0、つまり機能 4 を使わない場合、6 回の視角計測までに位置を認識できる確率は 0.2 % と低く、ほぼ確実に 7 回以上の視角計測が必要となる。それに対し、 r を 5 メートルまで増加させて機能 4 を使用した場合、6 回の視角計測までに位置を認識できる確率は 92.8 % であり、多くの場合において視角計測の回数は 6 回以下に抑えられる。以上より、機能 4 によって視角の計測回数を抑えられることを示した。

4. 関連研究

本研究は、視認状況として建造物間などの視角を用いて位置認識を行った。本研究と同様に位置認識に視認状況を利用した位置認識技術には、ランドマーク視

認マップを用いた位置特定システムがあり、このシステムでは歩行者から見えるランドマークを視認状況として位置認識を行っている。双方を組み合わせることで、歩行者への手間（視角の計測など）を軽減した位置認識システムの実現に期待ができる。

また、現在、実用化または研究されている位置認識技術として、GPS、準天頂衛星を打ち上げた GPS⁴⁾、携帯電話や PHS や無線 LAN の電波による位置推定、RFID タグによる位置特定⁵⁾ がある。これらの技術は、歩行者への手間がなく位置を認識することができるが、目的地への誘導とは独立している。そのため、歩行者は画面や音声の誘導案内から、地図と周りの風景とを対応付ける必要があり、その対応付けがうまくいかない人も少なくない。それに対し、視認状況を利用した位置特定技術は、視角の計測などにより歩行者への手間がある代わりに、周りの風景との対応付けが容易になると考えられる。例えば、「位置認識に使用した建造物に向かって歩いてください」などの指示による誘導によって、画面の地図などを周りの風景と対応付けする必要がなくなる。

5. おわりに

本稿では、視角測定に基づく歩行者の位置認識システムを提案した。提案システムは、視角マップ生成機能、誤差を考慮した位置候補集合の導出機能、位置候補集合の絞り込み機能、近接セグメントの統合機能を持つ。また、検証実験により、誤差を考慮した位置候補集合の導出機能における誤差への対応部分、近接セグメントの統合機能における有効性を確かめた。今後の課題として、視角の計測方法の検証、適切な許容誤差の導出、ナビゲーションへの応用などがある。

参考文献

- 1) 多賀大泰, 高橋直久: ランドマーク視認マップを用いた位置特定システムの実現, 電子情報通信学会第 17 回データ工学ワークショップ (2006)
- 2) 昭文社 MAPPLE デジタル地図データ, <http://www.mapple.co.jp/corporate/product/01.html>
- 3) パスコ社 MapCube, <http://www.mapcube.jp/index1.html>
- 4) 江州秀人: 準天頂衛星測位・通信システムの開発, 国土技術政策総合研究所研究評価委員会平成 14 年度分科会報告書
- 5) 森嶋健平, 今野貴洋, 渡部修平: RFID による位置情報技術, NTT COMWARE TECHNOLOGY 2004