

集合知を用いたパノラマ表示位置誤差の補正手法

新田 知之^{†1} 飯田 裕介^{†1}
新井 イスマイル^{†2} 西尾 信彦^{†1}

我々はこれまで、周辺に存在する建物・店舗へのコメントといったコンテンツにリンクするアイコンを Google Street View のパノラマ写真上にオーバーレイ表示させることによって、ユーザが直観的な視点でコンテンツを登録・閲覧できる実世界指向 CMS を開発してきた。しかし、Google Street View のパノラマ写真は撮影時に記録された緯度経度に誤差があるため、周辺に存在する建物や店舗などのコンテンツの座標とパノラマ写真撮影地点の座標にずれが生じ、パノラマビュー上のアイコンも適切な位置に表示されない問題が存在する。そこで本研究では、ユーザのコンテンツ登録時に、問題となる誤差の修正に必要な情報をユーザに意識させずに取得し、誤差分布を分析することによって、自動的にパノラマ撮影地点の誤差を修正するシステムを構築した。さらに、交差点間の誤差修正済みの 2 地点から誤差修正が行われていない地点の誤差推定を行うシステムを構築した。これを京都駅周辺の Google Street View のパノラマ写真を対象に検証した結果、ランダムで選択した 88ヶ所の内の約 7 割の誤差を軽減することに成功した。

Correction Method of Panorama Display Position Error Margin that Uses Wisdom of Crowds

TOMOYUKI NITTA,^{†1} YUSUKE IIDA,^{†1} ISMAIL ARAI^{†2}
and NOBUHIKO NISHIO^{†1}

We have developed Real-World Oriented CMS to which a user can register and inspect contents by intuition by displaying the icon of the comment on a building and a store on the panorama photo of Google Street View. The latitude longitude of the panorama photo recorded when taking a picture has the error margin. Therefore, there is a problem that the icon is not appropriately displayed on the panorama view. Then, we developed the system that acquired it without allowing the user to consider information necessary for the correction of the error margin when contents were registered. The system that automatically corrected the error margin by analyzing the error distribution was constructed. Moreover, we developed the system that presumed the error

margin of the point where the error margin correction was not done from two points of the error margin between intersections. This was verified for Google Street View around Kyoto Station. As a result, it succeeded in the reduction of the error margin of about 70 percent in 88 places that had been selected at random.

1. はじめに

近年、Web コンテンツを構成するテキストや画像、レイアウト情報などを一元的に保存・管理し、サイトを構築・編集する CMS(Contents Management System) が普及し、ユーザが各々持つ情報を共有しあうサービス(はてな^{*1}, Flickr^{*2}, 食べログ^{*3}など)が人気を集めている。また、Google Street View^{*4}に代表される球状パノラマ写真によって街の景観を閲覧できるシステムも普及している。我々はこれまで、周辺に存在する建物・店舗へのコメントといったコンテンツにリンクするアイコンを Google Street View のパノラマ写真上にオーバーレイ表示させることによって、ユーザが直観的な視点でコンテンツを登録・閲覧できる実世界指向 CMS¹⁾(*Gooraffiti*)を開発してきた。

しかし、Google Street View のパノラマ写真は撮影時に記録された緯度経度の誤差(撮影時測位誤差)があるため、周辺に存在する建物や店舗などのコンテンツの座標とパノラマ写真撮影地点の座標にずれが生じ、パノラマビュー上のアイコンが適切な位置に表示されない問題が存在する。この問題は撮影時の測位精度を上げることで解決するが、測位技術で代表的な GPS による測位の場合は、気象条件や環境条件に左右されやすく、精度向上に限界がある。また、アイコンの表示位置と本来のアイコンの付加先の構造物から撮影時測位誤差を自動的に判別することには、高度な画像認識技術を必要とするため、自動的に誤差を修正することは困難である。この他にも、手作業で逐一コンテンツの正しい緯度・経度・高さを入力する方法もあるが、そのための作業はユーザにとって煩わしいものであり、ユーザが自動的に修正を行うための操作をするとは考えにくい。

そこで本研究では、ユーザのコンテンツ登録時に、誤差の修正に必要な情報をユーザに意

^{†1} 立命館大学情報理工学部

^{†2} 立命館大学総合理工学研究機構

*1 はてな, <http://www.hatena.ne.jp/>

*2 Flickr, <http://www.flickr.com/>

*3 食べログ, <http://tabelog.com/>

*4 Google Street View, <http://www.google.co.jp/help/maps/streetview/>

識させずに取得し、誤差分布を分析することによって、自動的に撮影時測位誤差を修正するシステムを提案する。

本論文では、第2章でパノラマビューにおける撮影時測位誤差の概要を述べ、第3章で本稿で提案する集合知を用いたパノラマ表示位置誤差の補正手法について説明する。第4章において実装について述べ、第5章において、第4章にて実現した本システムの評価を述べる。そして第6章にて、本論文のまとめと今後について述べる。

2. パノラマビューにおける撮影時測位誤差の概要

本章では、パノラマビューにおける撮影時測位誤差の概要とそれにより実世界指向 CMS で発生している問題について詳しく述べる。

2.1 撮影時測位誤差

パノラマビューにはパノラマ写真が撮影された緯度経度が紐づけられている(パノラマ緯度経度)。しかし、図1のように、紐づけられた緯度経度と実際に撮影された緯度経度が異なっている。図1の緯度経度は、交差点のほぼ中心を指示している。しかしながら、Google Street View で見える東向きの風景は、交差点より西にずれた風景が見える。このような地点は多数存在する。原因は、パノラマ写真を撮影した時の測位精度が低いためである。この問題は測位精度の向上で解決するが、測位技術で代表的な GPS による測位の場合は、気象条件や環境条件に左右されやすく、精度向上に限界がある。

2.2 パノラマビューを利用したサービス・研究

実世界指向 CMS の他にも、パノラマビューを使ったサービスが普及してきている。その理由は、複雑な 3D ポリゴンを作成しなくても、パノラマ写真を撮るだけで実世界を表現できるためである。パノラマビューを使っているサービス・研究の例として、space viewer²⁾、360panoramakuvaus³⁾、360°パノラマ作成サービス⁴⁾、Bing Maps Streetside⁵⁾、パノラマ画像を用いた仮想空間構築⁶⁾、パノラマ画像群を位置合わせに用いたライブ映像上への注釈提示⁷⁾ などがある。これらのサービスも、パノラマビューと位置情報の関連付けを行っており、今後は、正確なパノラマビューの緯度経度が必要になる場合が多くなると考えられるため、緯度経度誤差の修正は重要となる。

3. 集合知を用いたパノラマ表示位置誤差の補正手法

2章で述べた問題を解決するために、本研究では集合値を用いたパノラマ表示位置誤差の修正手法を提案する。本手法では、修正後の緯度経度を用いてパノラマビュー上にアイコン

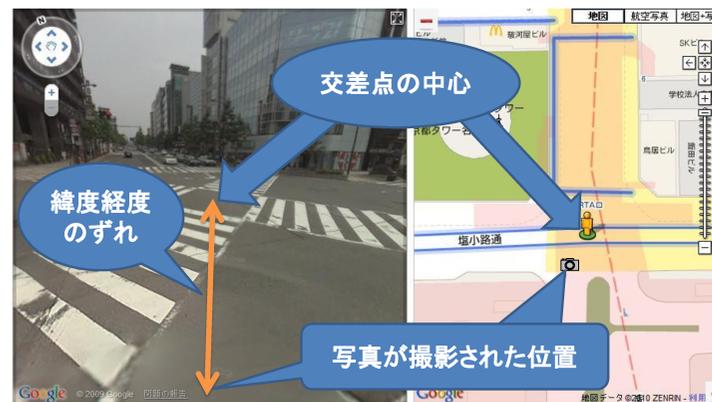


図1 撮影時測位誤差

Fig.1 Measurement error margin when taking a picture

を表示した場合に、ユーザが適切な位置にアイコンが表示されていると認識できる程度の誤差修正精度を目標とした。また、これら修正をユーザの普段の利用方法の中において、無意識に行なわれることを目指した。以下、本手法の各要素について詳しく述べる。

3.1 コンテンツ登録中での誤差修正

ユーザの普段の利用方法の中において、誤差修正に必要な情報を収集するために、本研究ではユーザのコンテンツ登録に着目した。近年、ユーザ参加型の Web サービスが一般的となってきた。そのため、実世界指向 CMS へのコンテンツ登録も頻繁に行われることが予測される。その際、問題となる誤差の修正に必要な情報をユーザに意識させずに取得し、誤差修正を行う。

3.2 パノラマビューと二次元地図を用いたコンテンツ登録

本研究では、Gooraffiti における森田ら⁸⁾のコンテンツ登録手法を改良し、パノラマビュー1つと二次元地図を用いるコンテンツ登録手法を用いた。本来は、二次元地図を使わずに1つのパノラマビュー上だけでコンテンツ位置を指定することが直感的であり理想である。

しかし、パノラマビューからは奥行きがわからないため、ユーザが指定した方向は取得できても、緯度経度を取得することはできない。そこで、本研究では二次元地図を補助的に使用することにした。

ユーザが、コンテンツ登録したい場所を二次元地図上とパノラマビュー上の両方から指定することで、二次元地図からはコンテンツの正確な緯度経度、パノラマビューからはパノラマビュー上で対象となる建物が見える方向を取得することができる。これらを取得することで、次節で述べる誤差修正アルゴリズムにより、パノラマ写真が撮影された緯度経度を求めることができ、ユーザに意識させずに誤差修正を行う要件を満たすことができる。

3.3 誤差修正アルゴリズム

ユーザのコンテンツ登録により得られる情報から緯度経度誤差を求めるアルゴリズムについて述べる。コンテンツ登録で、ユーザは二次元地図でコンテンツの位置を指定した後に、パノラマビュー上に表示されたアイコンを移動して位置の調整を行う。詳しいコンテンツ登録の手順は 4.1 で説明する。

処理 1: パノラマ緯度経度を中心として、コンテンツの緯度経度からパノラマビュー上でユーザがアイコンを移動した角度 (θ) だけ移動させた時の緯度経度 (移動後のマーカー) を計算する (図 2)。

処理 2: パノラマ緯度経度と移動後のマーカーを通る直線 (直線 A) を計算する。

処理 3: 直線 A と並行かつ、コンテンツの緯度経度を通る直線 (誤差情報直線 B) を計算する (図 3)。

処理 4: 他のコンテンツが登録されたときも同様に処理 1 から 3 までを行い、求めた直線 B' と直線 B の交点を求める (図 4)。

処理 5: 誤差情報直線が 3 つ以上になった場合は、全ての交点の平均を緯度経度誤差を修正した緯度経度とする。

3.4 コンテンツ未登録のパノラマビューにおける誤差推定

前節で述べたアルゴリズムは、複数のコンテンツ登録を行ったパノラマビューの誤差修正しか行うことができない。また、すべてのパノラマビューからユーザがコンテンツ登録を行うとは限らない。コンテンツ登録が行われていないパノラマビューでは、アイコンの表示はずれたままであり、目標を達成できたとは言い難い。そこで、複数の修正緯度経度を用いて、コンテンツが登録されていないのパノラマビューの誤差推定を行う。推定のために、どのようにパノラマ写真の撮影が行われたかを推測した。

パノラマ写真は撮影車により撮影されている。撮影車が通ったルートを推定すると撮影が

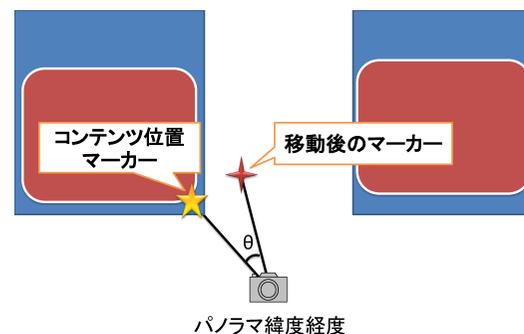


図 2 移動した角度
Fig. 2 Moving angle

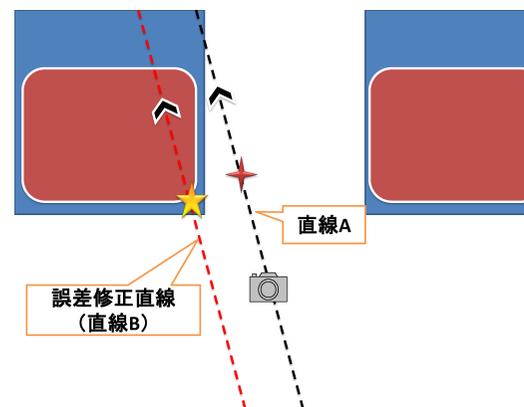


図 3 直線 A と誤差情報直線 B
Fig. 3 Straight line A and error margin information straight line B

イントを一筆書きのようなルートで走行しながら撮影したと考えられる。交差点はどの道路を走行中にパノラマ写真が撮影されたかを判別することが難しい。また、交差点を跨いだ道路が一方通行である場合もあり、撮影車の進行方向が異なる場合がある。しかしながら、交差点と交差点で挟まれた道路内では同じ進行方向でパノラマ写真が撮影されたことが推測できる。そのため、交差点と交差点で挟まれた道路内では同程度の誤差が存在する可能性

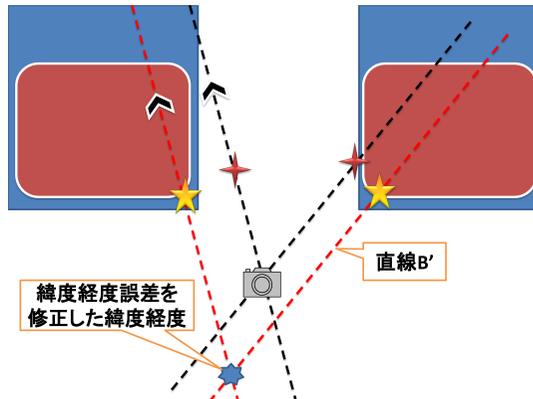


図 4 アルゴリズムイメージ図
Fig. 4 Algorithm image chart



図 5 修正前と修正後の緯度経度
Fig. 5 Corrected latitude longitude and not corrected latitude longitude

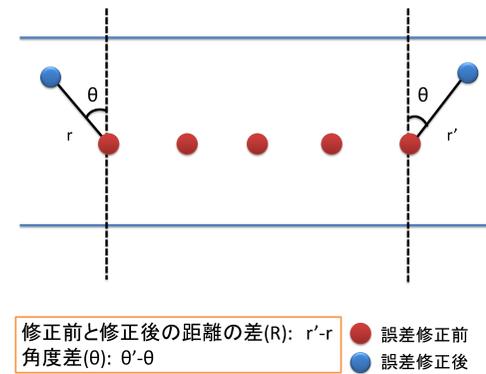
が高いと考えられる。

次に実際のデータを用いて誤差の傾向を調べた。連続するパノラマビューの誤差修正前の緯度経度と誤差修正後の緯度経度を調べた結果、ある地点で図 5 のような結果が得られた。図 5 の道路は一方通行であることから、パノラマ写真に関連付けられた修正前の緯度経度より進行方向に対して前方でパノラマ写真が撮影されていることがわかる。このことから、GPS による測位がされた地点から遅れてパノラマ写真が撮影されたのではないかと推測できる。このような傾向はさまざまな場所で見られ、道幅の狭い道路ではそれが顕著である。以降、このような測位と撮影のタイミングがずれて保存されたことによって生じた誤差を置き去り誤差とよぶ。狭い道で置き去り誤差が目立つ理由として、マップマッチングで道路上に修正することはしているが、道路上でのずれが補正しきれないためだと考えられる。

前述のことから、本研究では次のような推定を行う。交差点で挟まれた区間でコンテンツ登録による誤差修正が行われた任意の 2 地点を用いる。任意の 2 地点の修正前と修正後の距離の差 (R)、角度の差 (θ) ごとに、次のパターンにわけ 2 地点間の緯度経度誤差を推定する (図 6)。

パターン 1: R 閾値 閾値

撮影時に一定の速さで移動したことにより修正前と修正後の変位が一定で誤差の方向が同じ場合である。ゆえに 2 地点間の置き去り誤差も似ていると予測し、2 地点の誤差の平均により緯度経度誤差を推定する。この推定方法を誤差平均法とする (図 7)。



修正前と修正後の距離の差(R): $r'-r$ ● 誤差修正前
角度差(θ): $\theta'-\theta$ ● 誤差修正後

図 6 距離差 (R) と角度差 (θ)
Fig. 6 Distance difference and angular difference

パターン 2: R > 閾値 閾値

撮影時に加速・減速などを行ったことにより修正前と修正後の変位は異なるが、誤差の方向が同じ場合である。片方の誤差がもう一方の誤差に徐々に近似するように誤差を推定する。以下、この推定方法を誤差 tween 法とする (図 8)。誤差 tween 法は、2 地点で挟まれた地点の緯度経度誤差を次に示す式 1 によって求めることにより、片方の誤

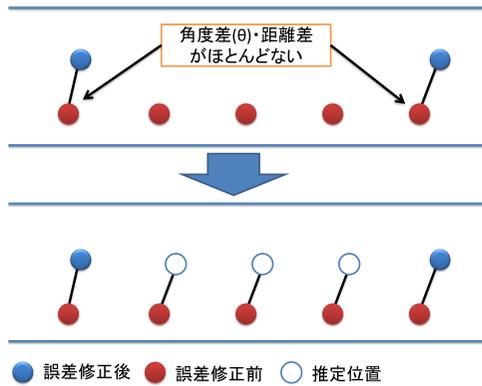


図 7 誤差平均法イメージ図

Fig. 7 Error margin average method image chart

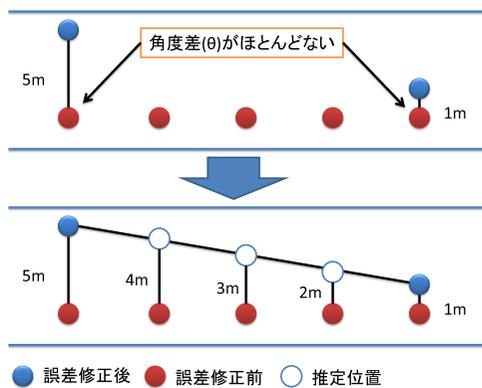


図 8 誤差 tween 法イメージ図

Fig. 8 Error margin tween method image chart

差がもう一方の誤差に徐々に近似するように誤差を推定する手法である。

$$E_x = E_1 + \frac{(E_n - E_1)L_{1x}}{L_{1n}} \quad (1)$$

E_x : 2 地点間の地点数を n としたときの x 番目の修正緯度経度

L_{1x} : 2 地点間の地点数を n としたときの 1 番目から x 番目までの距離

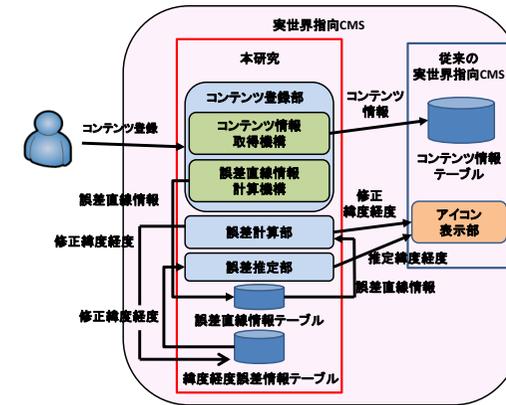


図 9 システム概要図

Fig. 9 System outline chart

パターン 3: R 閾値 $>$ 閾値, $R >$ 閾値 $>$ 閾値

2 地点の誤差に関連性がないことにより修正前と修正後の変位も誤差の方向も異なる場合である。2 地点間の誤差に関連性がないため安易に誤差平均を行うと誤差が大きくなることも考えられるため誤差推定を行わない。

4. 実 装

本システムは大きく分けて 3 つの部分に分かれる。ユーザのコンテンツ登録を処理するコンテンツ登録部、修正緯度経度の計算を行う誤差計算部、緯度経度誤差の推定を行う誤差推定部である (図 9)。

4.1 コンテンツ登録部

コンテンツ登録部はコンテンツ情報取得機構、誤差直線情報計算機構で構成される。コンテンツ情報取得機構でユーザからコンテンツの位置情報、店舗、施設等の情報の取得を行い、コンテンツ情報テーブルに格納する。誤差直線情報計算機構では、緯度経度誤差修正を行う前段階として、修正緯度経度を求めるのに必要な誤差直線を計算し、誤差直線情報テーブルに格納する。以下にコンテンツ登録の手順を記述する (図 10)。

手順 1: 登録したいコンテンツ^{*1}の場所を二次元地図で見つけ、その場所をダブルクリック

*1 図 10 では、交差点の北東にあるビルの側面

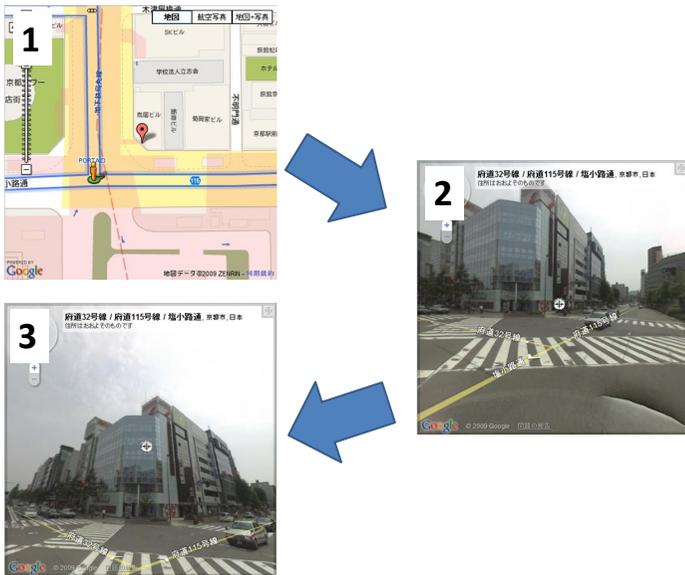


図 10 コンテンツ登録手順
Fig.10 Contents registration procedure

しマーカーを設置する。

手順 2: 手順 1 で二次元地図上に設置したマーカーの方向が、Street View で表示され、マーカーが立てられた緯度経度を元に、アイコンが表示される。

手順 3: ユーザは、手順 2 で表示されたアイコンの位置を、登録したい位置の上に重なるように調整する。これによって誤差の角度が求められる。

4.2 誤差計算部

3.3 のアルゴリズムに基づいて、パノラマビューに関連付けられた緯度経度と、パノラマ写真が撮影された緯度経度の誤差の計算を行う。panoId^{*1}により位置情報と誤差直線情報^{*2}を取得し、パノラマ写真が撮影された緯度経度を求める。

表 1 誤差直線情報

Table 1 error margin information straight line

カラム名称	詳細
コンテンツ ID	登録するコンテンツの識別子
コンテンツタイプ	登録するコンテンツの種類
緯度経度	登録するコンテンツの緯度経度
傾き	誤差直線の傾き
切片	誤差直線の切片
panoId	コンテンツ登録したパノラマビューの識別子

表 2 緯度経度誤差情報

Table 2 error margin information

カラム名称	詳細
panoId	緯度経度誤差修正するパノラマビューの識別子
修正緯度経度	コンテンツ登録による誤差修正する緯度経度誤差
推定修正緯度経度	緯度経度誤差推定により誤差修正する緯度経度誤差

4.3 誤差推定部

2 地点の緯度経度誤差から 2 地点間の緯度経度誤差の推定を行いデータベースに格納する。2 地点の panoId から 2 地点間の panoId、2 地点の緯度経度誤差情報、2 地点間の緯度経度を取得し、3.4 節のパターンにそった計算を行った後、計算した緯度経度誤差を誤差情報テーブルに格納する。また、推定のパターンを判別する閾値は、1.5 メートルと 0.524 ラジアンとした。

4.4 データベース

データベースに格納されるデータを表 1、表 2 に示す。コンテンツ情報に関するデータは実世界指向 CMS で定義されているスキーマを利用する。

4.5 実装環境

本研究では、緯度経度情報や方向を取得するために Google Maps API を利用する。表 3 に実装環境を示す。本システムは Web アプリケーションであり、実世界指向 CMS が Javascript で記述されているために Javascript、データベースには MySQL、動作確認用 Web ブラウザには Mozilla Firefox を用いた。誤差推定部は Java で記述した。

*1 パノラマ写真 1 枚ごとに割り振られた識別子

*2 緯度経度誤差を計算するための直線に関する情報

表 3 実装環境

Table 3 implementation environment

クライアント PC	VAIO type T VGN-TX92S
CPU Intel(R) Centrino(TM)	1.06GHz
MEMORY	1.5GB
開発言語	JavaScript, Java
データベース	MySQL5.0.84
動作ブラウザ	Mozilla Firefox 3.5.7

表 4 パターン数

Table 4 Number of patterns

パターン	パターン数
パターン 1 (R 閾値 閾値)	38 ケ所
パターン 2 (R > 閾値 閾値)	22 ケ所
パターン 3 (R 閾値 > 閾値)	10 ケ所
パターン 3 (R > 閾値 > 閾値)	18 ケ所

5. 評価

5.1 コンテンツ登録による緯度経度誤差修正結果

図 11 節で示した通り、アイコンの表示が正しく対象物上に表示されていることがわかる。しかしユーザにとって、建物の角などわかりやすい対象物にコンテンツ登録を行った場合は正確に表示されるが、建物の中央にコンテンツを登録した場合、二次元地図でマーカーを置いた地点をパノラマビュー上で正確に調整することが困難であり、パノラマ写真が撮影された緯度経度を適切に修正できない場合がある。この問題については、多数のユーザがコンテンツ登録を行うことで、集合的に修正緯度経度が収束していくことで解決されると考えられる。

5.2 アイコン表示誤差推定結果

ランダムで選んだ 5 連続地点で、両端のコンテンツ登録による誤差修正により求めた修正緯度経度を用いて、挟まれた 3 地点の誤差推定を行う。推定により求めた地点とコンテンツ登録により求めた地点の距離を比較する。誤差推定を 88 ケ所で行った結果、各パターン数は表 4 のようになった。全パターンで、誤差平均法・誤差 tween 法を行った時の結果は表 5 のようになった。



修正前

修正後

図 11 誤差修正前と誤差修正後のアイコンの位置

Fig. 11 Position of icon after error margin is corrected

表 5 全パターンでの誤差平均法・誤差 tween 法

Table 5 All patterns

	パターン 1	パターン 2	パターン 3
誤差平均法	1.81(m)	2.46(m)	3.43(m)
誤差 tween 法	3.24(m)	2.56(m)	3.62(m)

5.3 評価考察

表 4 からわかるように、推測誤差推定する地点が誤差推定しない地点に比べて多くあった。これは交差点と交差点に挟まれた道路内の任意の 2 点間のパノラマビューでは、2 点と同じような置き去り誤差をもつことが多いということを示している。

表 5 より、パターン 2 の地点で誤差平均法を用いた場合のほうが修正緯度経度に近い緯度経度を推定している。これは、3.4 節で推測した、撮影車の車線変更、加速、減速が行われなかったが、パターン 2 に分類されてしまったためと考える。しかし、実際に車線変更、加速、減速が行われた地点と考えられる地点では誤差 tween 法のほうが推定精度が高かった。また、誤差推定するパターンのほうが修正緯度経度に近い緯度経度を推定できたことがわかる。つまり、角度差 () が近い 2 地点間のほうが推定精度が高い。これは測位が行わ

れた時間とパノラマ写真が撮影された時間の時差のみがパノラマ緯度経度の誤差に影響を与えた場合と、それ以外の測位に悪影響を及ぼす要因が加わった場合があるからではないかと考えられる。

6. まとめと今後

本研究では、実世界指向 CMS におけるアイコンの表示位置を修正する手法を提案した。パノラマ緯度経度には誤差がある。そのため、この緯度経度を用いてコンテンツの位置情報の算出すると、アイコンの表示位置が対象物とずれてしまう問題があり、これを修正することを本研究の目的とした。問題解決のため本研究は、ユーザのコンテンツ登録に着目し、コンテンツ登録中にパノラマ緯度経度の誤差を修正するために必要な情報を取得する手法をとった。この手法を実装した結果、緯度経度の誤差修正と正しく対象物上にアイコンを表示することに成功した。さらに、誤差修正済みの2地点から誤差修正が行われていない地点の誤差推定を行い、これを京都駅周辺の Google Street View のパノラマ写真を対象に検証した結果、ランダムで選択した88ヶ所の内の約7割の誤差を軽減することに成功した。よって、本研究の目的を達成できたといえる。今後は、より詳細に誤差が発生した原因を予想し、パターンをさらに細分化することによって誤差の推定を正確に行えるように改良する。

参 考 文 献

- 1) 西尾信彦, 坂本憲昭, 新井イスマイル: Google Street View とマッシュアップした実世界指向 CMS, 情報処理学会インタラクシオン (2009).
- 2) space viewer: space viewer. <http://www.spaceviewer.jp/>.
- 3) 360panoramakuvaus: 360panoramakuvaus. <http://www.360panorama.fi/web/>.
- 4) 株式会社パワーシフト PowerShift: 360 °パノラマ作成サービス. <http://www.powershift.co.jp/it/panorama.html>.
- 5) マイクロソフト: Bing Maps Streetside. <http://www.bing.com/maps/explore/>.
- 6) 池田隼, 難波公一郎, 粟田智子, 國島丈生, 横田一正: パノラマ画像を用いた仮想空間構築, *DEWS2006* (2006).
- 7) 興梠正克, 蔵田武志, 坂上勝彦, 村岡洋一: パノラマ画像群を位置合わせに用いたライブ映像上への注釈提示, 第5回知能情報シンポジウム (1999).
- 8) 森田健: 実世界指向 CMS におけるコンテンツ登録および提示機構, 立命館大学情報理工学部卒業論文 (2009).