

屋内外でのシームレスな利用を可能にした空間メモリによる 実空間連動型サービスの実現

Location-Driven Services Using Spatial Memory for the Seamless Use in Indoor and Outdoor Environments

精密工学専攻 25号 白津宗晃
Motoaki Shiratsu

1. はじめに

人にとって、必要とする情報へのスムーズでストレスの少ないアクセスの実現は、情報を取得するために費やす時間や労力を削減し、取得した情報を活用して行う知的作業の効率化につながる。近年、情報のデジタル化や通信技術の発展に伴い、人々は多くの情報にアクセスすることが可能となった。その反面、アクセス可能な情報の中から必要とするものを見つけることができず、スムーズな情報へのアクセスが困難な場合がある。そのため、情報へのアクセシビリティの側面において課題があるといえる。

例えば、Google⁽¹⁾などの検索エンジンを用いて、World Wide Web上の情報にアクセスする際は、主に自然言語的なキーワードや画像データを用いて検索を行う。そのため、それらを適切に選択しなければ、必要な情報が不要な情報に紛れてしまう。また近年、情報共有プラットフォームとしてWorld Wide Webよりも簡便に共有情報の作成が可能なSocial Networking Service (SNS)がある⁽²⁾⁽³⁾。SNSでは、主にテキスト、画像、動画、WebページのURL等を入力・選択することにより、それらが発信され共有可能となる。しかし、情報共有を許可したユーザ以外が発信した任意の情報にアクセスしたい場合は、キーワード検索が主流であるため、やはり同様の問題が発生する。ほかにも、PCやクラウド上のストレージに保存された情報にアクセスする場合において、現在のコンピュータシステムでは、ファイルパスやコンピュータアイコンによって保存された情報の所在を表すことが可能である。しかし、人はその情報の所在を記憶しておかなければならないため、保存する情報の増加や時間経過に伴い、正確な所在の想起が困難になる。このようなシチュエーションにおいては、人は必要とする情報をスムーズに取得することが困難であり、多くの時間と労力を費やしてしまうことがある。

そこで、情報を位置と紐づけることにより、スムーズな情報へのアクセス可能にするLocation-Based Service (LBS)の研究が行われている⁽⁴⁾。LBSには、位置とURLを紐づけることにより、現在地付近の観光地や飲食店を検索するサービスや⁽⁵⁾⁽⁶⁾、現在地付近で発信された情報を優先的に閲覧可能なSNS⁽⁷⁾などがある。ほかにも、位置と電子コマンドを紐づけることにより、特定の場所を通過した際に家電操作を行うサービスや、子供が指定の場所を通過した際に、保護者に通知を送るモニタリングサービスなどもある⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

しかし、現状のLBSは位置と情報の紐づけを開発サービスごとに行っており、たとえ同じ位置にいたとしてもサービスを享受するために別々のアプリケーションを操作しなければならない。さらに、取り扱う情報としてテキスト・画像・動画・URL・電子コマンドのいずれかしか扱えず、利用したい用途に応じてアプリケーションを使い分ける必要がある。そのため、現状のLBSにおいても情報へのアクセシビリティにおいて課題が残る。

そこで、本研究では位置と情報を紐づけてスムーズな情報へのアクセスを実現し、かつ取り扱う情報の制限を緩和して様々な用途での利用を単一アプリケーションで可能にすることにより、従来のLBSの課題を克服し情報への高いアクセシビリティを実現した実空間連動型サービスの開発を目指す。

このサービスを実現するために、本研究では空間メモリ⁽¹⁰⁾を適用する。空間メモリとは、3次元空間と身体動作を用いてスムーズに情報の蓄積や使用を実現するインタフェースである。本インタフェースでは、3次元空間と電子データを紐づける仮想的なタグであるSpatial-Knowledge-Tag (SKT)を空間に配置し、ユーザが身体の一部を用いてそのタグを指し示すことにより電子データを取り出す(アクセス)ことができる。Fig. 1に空間メモリの概念図を示す。ユーザは、SKTの位置や大きさ、蓄積する電子データを選択するだけで簡便にSKTを作成可能である。また、SKTにはあらゆる電子データを蓄積可能なため、情報の閲覧、共有、他者への通知、電子コマンドによるロボット操作など、多様な用途で利用可能である。さらに従来のLBSでは、観光地や建造物などのあらかじめ意味付けされた位置にしか情報を紐づけられない場合が多いが、空間メモリは位置計測が可能であれば、あらゆる場所において利用可能である。加えて、空間メモリでは、位置と紐づいた情報をSKTとして一元的に管理するため、用途ごとにアプリケーションを切り替える必要がない。そのため、異なる用途においても単一のアプリケーションで利用可能である。これらのことから、空間メモリを適用することにより、情報への高いアクセシビリティを実現できると考えられる。

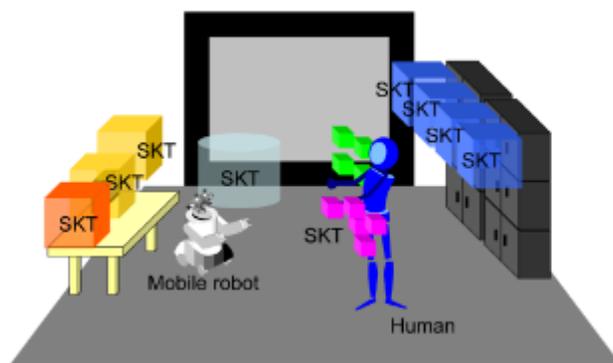


Fig. 1 Concept of spatial memory

従来の空間メモリでは、ユーザの位置情報を取得するために環境内にセンサを設置する必要がある。また、SKTの作成、蓄積された情報の提示を行うためにPCやディスプレイ等が必要であり、空間メモリを利用可能な環境や人が限定的という課題がある。そこで、本研究ではこれらの課題を解決するために、位置計測センサと空間メモリの操作デバイスとして小型携帯端末(以下、小型端末)を用いることとする。小型

端末は、GPS 等の屋内外を問わず地球上の位置を計測可能なセンサを搭載しているほか、一般に広く普及しているため、多くの人が屋内外でシームレスに空間メモリを利用可能となる。本研究では、小型端末を操作して空間メモリを利用可能なアプリケーションとセンサの位置誤差を考慮した新たな SKT へのアクセス方法を適用したサーバシステムを開発する。そして、本システムを用いることにより、スムーズな情報へのアクセスがどの程度実現可能かどうかを明らかにするとともに、提案サービスの有用性を向上させるために、どのような機能を実装すべきであるかを明らかにする。

2. 提案サービスの実現のためのプラットフォームの設計

1 章で述べたサービスを実現するために、小型端末を用いて空間メモリの基本的な機能を利用可能にすることは必須である。そこで、SKT の作成・削除・アクセス・配置場所の可視化の機能を実装した提案サービスを実現するためのプラットフォームとなるシステムを開発する。本稿では、これらの機能の中でも特に重要な機能である SKT の作成・アクセスについて述べる。Fig. 2 にシステム構成図を示す。本システムはクライアントサーバシステムであり、対象とするクライアントは Android OS を搭載した小型端末とする。ユーザが小型端末を用いて空間メモリを利用可能にするために、Android OS 用アプリケーションを開発する。

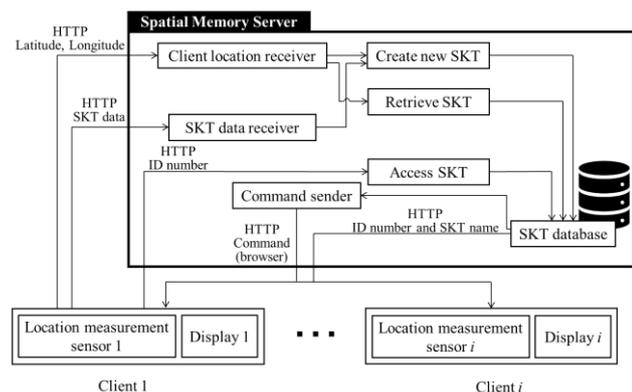


Fig. 2 System configuration of the proposed platform

2.1 ユーザの位置情報取得

本システムでは、小型端末は常にユーザに携帯されていると仮定し、小型端末の位置をユーザの位置とする。小型端末の位置情報を取得するために、GPS、Wi-Fi、携帯電話基地局電波を用いて小型端末の緯度・経度を取得する。

2.2 SKT の作成

一つの SKT が保有するデータを Table 1 に示す。ユーザは SKT を作成するために、小型端末の画面を操作し SKT の名前、蓄積する電子データ等の入力必須項目を満たす。本プラットフォームにおいて選択可能な電子データは、画面に入力されたテキスト、小型端末の内部ストレージに保存されている写真・動画である。アクセス権限は、「作成者のみ」と「作成者を含む他のすべてのユーザ」の 2 パターンから選択し付与可能である。ユーザによる入力必須項目以外のデータは SKT 作成時にシステムが自動的に取得する。これらのデータはサーバ上のデータベースに保存される。

2.3 SKT へのアクセス

GPS 等の小型端末に搭載された位置計測センサを用いた場合、障害物の多い場所や建物の内部などの環境においては位置誤差が大きく発生する。そのため、高精度センサを使用した従来の空間メモリのように、現在地から最も近い SKT

を一意に特定してアクセスすることは困難である。そこで、本システムでは、ユーザを中心として検索範囲を設け、その範囲内にあるすべての SKT の名前を小型端末にリスト表示する。そして、ユーザがリストの中からアクセスしたい項目をタップして選択することにより、蓄積した情報にアクセスすることが可能となる。

2.4 空間メモリサーバ

サーバでは、小型端末からの SKT の作成要求に対し、SKT データをデータベースに保存する。また、検索要求に対し、小型端末の位置情報とデータベースに保存された SKT の位置情報を比較し、その 2 点間の距離を算出する。そして、検索範囲内にある SKT の ID 番号と名前をデータベースから取得して小型端末に送信し、タップされたリスト項目の SKT の ID 番号と紐づいて保存されているデータベース上の電子データをその小型端末に再び送信する。本システムでは、データベースとして、データを表の形式で扱い簡単にデータ管理が可能なりレーショナルデータベースの一つである MySQL⁽¹²⁾を用いる。また、サーバシステムを構築するために、産業技術総合研究所が主体となって開発した RT ミドルウェアである OpenRTM-aist を用いる⁽¹³⁾。

Table 1 Data structure of SKT

Item	Required
ID number	×
SKT name	○
User ID	×
Spatial memory address	×
Time stamp	×
Digital data	○
Access authority	○

3. 提案サービスの有用性向上のための追加機能の実装

本研究では、提案サービスの有用性の向上を目的として、2 章で述べたプラットフォームのユーザビリティ評価実験を行う。実験内容は、複数の被験者が開発したアプリケーションを自身が所有する小型端末にインストールし、一定期間利用するというものである。そして、システムの利用記録とユーザビリティを評価するアンケートの結果から、提案システムを評価する。実験を通して、ユーザが必要とする機能を明らかにし、システムを改善することにより、より有用性の高いサービスが提供可能になると考える。この章では、実験結果を考慮したシステムの改善点と追加機能について述べる。

3.1 ユーザのプライバシー保護の強化

システムの利用記録から、経過日数とともにシステムの利用回数が減少していることがわかった。この原因として、アンケート結果より、ユーザが提案システムに対しプライバシーの侵害に対する不安を抱いているためであると考えた。

そこで、ユーザのプライバシー保護の強化を目的として SKT のアクセス権限のパターンを追加する。具体的には、SKT にパスワードを付与することにより、パスワードを知るユーザのみ SKT にアクセスが可能とする。これにより、情報共有相手をユーザが決定できるため、安心して情報共有用の SKT を作成することが可能になると考えられる。さらに、システム利用者に対し、個人を特定可能な情報を収集しないことを明示する。これにより、ユーザは安心してシステムの利用が可能となると考えられる。

3.2 システム主体のアクション

3.1 節で述べた点を改善したシステムに対し、同様のユーザビリティ評価実験を行う。実験結果から、システムの利用を促進するために、システムが主体的にユーザに働きかけることが必要であると考えた。そこで、アクセス可能な SKT が付近にあることを知らせる SKT の通知機能を実装する。実験結果の詳細は 5 章で述べる。

3.2.1 システム利用時以外における位置情報取得

通知機能の実装に伴い、ユーザが本システムを利用している間以外にも、ユーザの行動を観測する必要がある。そのため、本システムでは、ユーザが小型端末を操作していない間も GPS を用いて小型端末の位置情報を取得する。

3.2.2 SKT の通知機能

ユーザは SKT を作成する際に、通知の ON/OFF を選択可能であり、ON を選択した場合、ユーザは通知送信者と通知受信者のユーザ ID を入力する。また、通知送受信許可も設定可能であり、許可されている場合、サーバは小型端末から送信される位置情報を用いて常に周囲の SKT を検索する。そして、そのユーザのユーザ ID が通知送信者として設定されている SKT が検索範囲内に存在した場合、通知受信者として設定されたユーザの所有する小型端末へ通知を送る。これにより、自分自身に通知を送り、アクセスしたい SKT に忘れずにアクセスすることが可能となるだけでなく、特定の場所に着いたら他者に通知を送り、現在地などを知らせる見守りサービスとしての利用も可能となる。

4. 提案システムの有用性評価実験

提案システムを用いることにより、情報への高いアクセシビリティがどの程度実現可能かどうかを検証すること、またそれに伴い、情報にアクセスする労力をどの程度削減可能であるかを検証し、提案システムの有用性を評価することを目的として実験を行う。

4.1 実験設定

本実験では、以下の三つの作業を連続して行い、それを 1 タスクとする。既存のアプリケーションを複数用いて遂行する既存手法と開発したアプリケーションを用いて遂行する提案手法におけるタスク遂行時間と作業負担を比較する。

- (1) 「〇〇」という項目のメモの内容を確認して、紙に書き留める。
- (2) 「〇曜日〇時限目」の講義時間割を確認して、紙に書き留める。
- (3) Web ページにアクセスし「〇〇」を確認して、紙に書き留める。

ここで、「〇」に示す内容は、それぞれの条件によって用意される。実験開始後、被験者は上記のタスク内容を紙媒体で指示される。

既存手法では、被験者は主にメモ帳、講義時間割、Web ブラウザの用途で利用可能な 3 個のアプリケーションを用いてタスクを遂行する。(1)について、被験者には、情報の所在としてメモ項目のパスを指示する。被験者は、パスを元にディレクトリを移動、もしくは画面上の検索欄から、キーワードを入力することによりメモ内容にアクセス可能である。本実験では、通常の利用の際においても起こりうるシチュエーションとして、指示するメモ項目にはすべて 3 回のディレクトリ移動によりアクセス可能なものとした。(3)のタスクについて、Web ブラウザアプリケーションの検索欄にキーワードを入力する、もしくはメモ帳アプリケーションに記述された URL をコピーし検索欄にペーストすることにより Web ページにアクセス可能である。本実験では、すべての作業に対し情報へのアクセスのアプローチ方法は指示しない。

提案手法では、アクセスすべき情報は SKT として位置に紐づけられて保存されている。被験者は、まず SKT が作成された位置に立ち、周囲の SKT を検索する。その後、作業に応じて一つの SKT にアクセスする。このとき、SKT にアクセスし被験者が閲覧する画面は、既存手法と同様のものであり、情報の認識の差によるタスク遂行時間の差は発生しないものとする。アクセスすべき SKT の名前は、タスク内容が書かれた紙に記述されている。本実験では、先行研究⁽¹¹⁾より検索範囲の半径の初期値を 70 m とし、被験者は実験中にその値を任意に変更可能とする。本実験において、SKT は現在地との距離が近い順番に上からリスト表示される。さらに、周囲に配置された SKT の密度による影響と、屋内外の環境の違いによる影響を評価する。そのため、被験者の周囲 70 m にタスク遂行に必要な 3 つの SKT のみ配置した場合 (密度 1)、それらを含め 25 個の SKT を配置した場合 (密度 2) とそれらを含め 50 個の SKT を配置した場合 (密度 3) の 3 パターン用意し、それぞれ屋内・屋外の各 1 箇所で行う。

実験実施場所は中央大学後楽園キャンパス 2 号館付近であり、被験者は 20 代の男性 3 名、女性 2 名の計 5 名である。タスク終了後 NASA-TLX に基づくメンタルワークロード測定および自由記述アンケートを行う。実験中の様子は、小型端末の画面を録画することにより記録される。提案システムの有用性を評価するために、先行研究⁽¹⁰⁾にならない入力作業効率 ρ に着目する。これは、タスク遂行中の入力作業時間 t_i と総作業時間 t_t の比率であり、 $\rho = t_i/t_t$ で表される。入力作業効率が高いほど、情報にアクセスしたり、アプリケーションを切り替えたりする非入力作業時間が短縮されたことを示し、より作業効率が高いといえる。

4.2 実験結果と考察

屋外の環境における、従来手法における入力作業効率の平均値 $\bar{\rho}_n$ と提案手法における入力作業効率の平均値 $\bar{\rho}_s$ を Table 2 に示す。また、NASA-TLX に基づく各尺度の平均評定値を Fig. 3 に示す。これは、既存手法におけるメンタルワークロードを基準スコア 50 として、提案手法におけるメンタルワークロードの結果を示したものである。

Table 2 に示す結果より、密度 1 と屋外における密度 2 の条件において、入力作業効率が向上したことが確認できる。しかし、屋内における密度 2、密度 3 の条件においては、提案手法に比べて既存手法の入力作業効率が高い結果となった。これは、周囲の SKT 密度が高いため、位置誤差が発生した場合にアクセスすべき SKT がリストの下部に表示される。そのため、被験者はその SKT を見つけるために、多くの時間を費やす必要があったためであると考えられる。

次に、Fig. 3 に示すメンタルワークロードの結果において、すべての項目の平均スコアが 50 以下であったことから、提案手法は情報のアクセスに費やす労力も削減できたといえる。これは、提案手法では作業内容に応じてアプリケーションを切り替える必要がなく、被験者が煩わしさをあまり感じなかったためであると考えられる。しかし、FR (Frustration Level) の項目において、既存手法のほうが負担は少ないと回答した被験者がいた。これは、提案手法において、サーバとの通信ラグによる SKT の表示が遅延することや多数の項目からアクセスすべき SKT を見つけなければならないことによる煩わしさが原因であると考えられる。

以上の結果から、提案手法は周囲の SKT が高密度に配置されている場合の工夫は必要であるものの、スムーズでストレスのない情報の取得が可能であり、ユーザにとって有用なシステムであるといえる。

Table 2 Input performance efficiency of each condition

	Indoor		Outdoor	
	$\bar{\rho}_n$	$\bar{\rho}_s$	$\bar{\rho}_n$	$\bar{\rho}_s$
Density 1	0.514463	0.578588	0.427885	0.446064
Density 2	0.422872	0.380952	0.445026	0.486577
Density 3	0.460894	0.441805	0.572414	0.519362

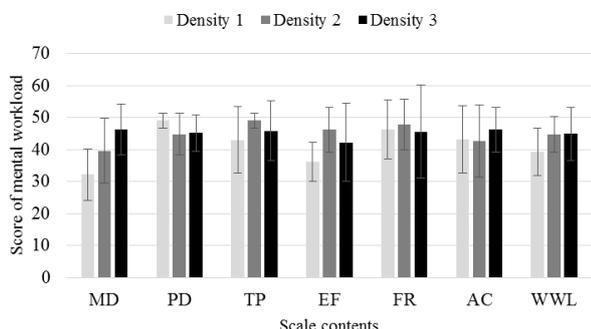


Fig. 3 Mean score of mental workload between 3 density conditions

5. 追加機能を実装した提案システムのユーザビリティ評価実験

この章では、3章で述べた追加機能を実装した提案システムのユーザビリティ評価実験について述べる。実験は2回行われ、1回目は3.1節で述べたユーザのプライバシー保護を強化したシステム、2回目は3.2節で述べたSKTの通知機能をもったシステムの評価を行う。

5.1 実験設定

各実験の前に、被験者にはシステムの利用方法と簡単な利用例を説明する。被験者には、実験期間中のシステムの利用は強制しない。検索範囲の半径の初期値は70mとする。1回目の実験における被験者は20代男性8名であり、実験期間は35日間である。2回目の実験における被験者は20代男性7名であり、実験期間は33日間である。

5.2 実験結果と考察

どのような用途であっても、システムを利用する際は必ずSKTにアクセスすると考え、本稿では実験期間中にアクセスされたSKTの数に着目し議論する。Fig. 4に1週間の間に被験者一人あたりにアクセスされたSKTの平均個数の推移を示す。

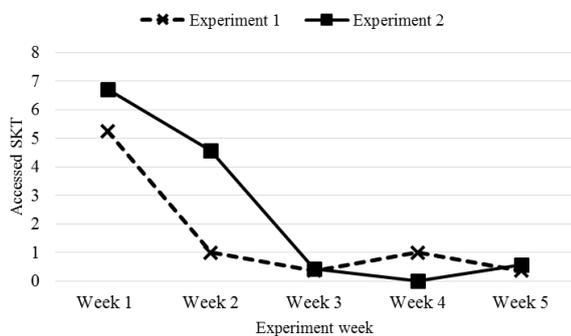


Fig. 4 Mean numbers of SKT accessed by one subject in one week

1回目の実験のアンケート結果より、すべての被験者から「プライバシーの侵害に対する不安はなかった」と回答が得られたものの、依然としてアクセス数は経過日数とともに減少している。2回目の実験では、実験開始後の2週間の期間中にアクセスされたSKTは1回目比べて増加しており、アン

ケート結果から多くの被験者が「通知機能を使用し有用と感じた」と回答したことから通知機能の有用性が確認された。しかし、3週間目以降のアクセス数は減少している。この原因として、アンケート結果から、周囲に多数のSKTが配置されている場合に、自身にとって有用なSKTがどれであるかを知るすべがないことが挙げられる。そのため、今後は周囲のSKTの中で、被験者にとって有用であると考えられるSKTを選択して提示する機能を実装する必要がある。

6. おわりに

本研究では、空間メモリを適用した情報への高いアクセシビリティを実現した実空間連動型サービスを開発した。実験を通して、本システムを用いることにより削減された情報へのアクセス時間と労力の定量的評価を行い、情報へのスムーズでストレスの少ないアクセスが実現されたことを確認した。

今後は、小型端末の位置取得精度の向上、ユーザにとって有用なSKTの選択などを行う。

参考文献

- (1) Google, <<https://www.google.com/>>, (参照 2020-1-22).
- (2) Joan DiMicco, et al., Motivations for Social Networking at Work, ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, (2008), pp. 711-720.
- (3) Zhao Du, et al., University Campus Social Network System for Knowledge Sharing, Proceedings of 2012 International Conference on Systems and Informatics, (2012), pp. 2505-2508.
- (4) A. Giordano, et al., A novel locationbased service and architecture, Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, (1995), vol. 2, pp. 853-857.
- (5) Alexander Smirnov, et al., Application for e-Tourism: Intelligent Mobile Tourist Guide, International Congress on Advanced Applied Informatics, (2015), pp. 40-45.
- (6) Jun Zeng, et al., A Restaurant Recommender System Based on User Preference and Location in Mobile Environment, International Congress on Advanced Applied Informatics, (2016), pp. 55-60.
- (7) Foursquare -The Trusted Location Data & Intelligence Company-, <<https://foursquare.com/>>, (参照 2020-1-22).
- (8) Rung-Shiang Cheng, et al., A Location-Aware Home Appliance Control System, Tenth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, (2014), pp. 666-669.
- (9) A. Gupta et al., Child Safety & Tracking Management System by using GPS, Geo-Fencing & Android Application: An Analysis, International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology, (2016), pp. 683-686.
- (10) M. Niitsuma, H. Hashimoto, Spatial Memory as an Aid System for Human Activity in Intelligent Space, IEEE Transactions on Industrial Electronics, (2007), vol. 54, no.2, pp.1122-1131,.
- (11) 白津宗晃ら, 屋内外でシームレスに利用可能な空間メモリシステムの実現, 第36回日本ロボット学会学術講演会, (2018), pp. 3D1-01.
- (12) MySQL, <<https://www.mysql.com/jp/>>, (参照 2020-1-22).
- (13) OpenRTM-aist, <<http://openrtm.org/openrtm/>>, (参照 2020-1-22).