

# GISを用いたリアルタイムの出入港操船支援システムの基礎研究

## 柳 馨竹・塩谷 茂明・笹 健児

### Small Craft Importing Assistant Information System Based On GIS

#### Xinzhu Liu · Shigeaki Shiotani · Kenji Sasa

**Abstract:** 本研究の目的は開発した Google Earth と GPS を組み合わせたシステムを使用し、三次元の地図上でリアルタイムでの航海ナビゲーションの制作である。本研究は C#.Net を使用し、Windows のイベント駆動型メカニズムに基づいた GPS-Google Earth ナビゲーションシステムである。シリアルポートクラスを使って、受信した GPS 生データをパソコンへ転送し、デコードすると船舶のポジション、スピード、進路を記録することができる。GPS で受信した生データを三次元地図上で、リアルタイムで表示するという基礎的研究として、リアルタイムで小型船舶入港支援システムの研究である。

**Keywords:** *GIS, Navigation, GPS, Google Earth, C#, Virtual Globe*

#### 1. はじめに

船舶の運航において出入港時の操船は特に重要な要素である。通常の航海上の操船技術と比べて、出入港時の操船は海域が狭く制限されているので、非常に複雑である。さらに、港付近は船舶輻輳度が高い等の理由から、多くの経験と高度な技術が要求されている。経験未熟な航海士や、初めて操船する操船者にとっても、出入港時は特に緊張感が増やす(S. Shiotani et al. 2011)。もし、初めて出入港する場合、リアルタイムで、出入港時の操船支援システムがあれば、安心感と安全性も向上する。本研究の目的は、GPS のナビゲーションと測位機能及び Google Earth の三次元地図サービスを用いて、船舶出入港時のリアルタイム操船支援システムを作成することである。その基礎的研究を確立したので、ここに報告する。このような操縦支援システムは道路交通の自動車に対し、これまでに多数の研究が行われている。しかし、海上交通では、これらの研究はこれまでに、実施されてこなかった。航行船舶に海峡の交通状況などの情報を提供するのであり、個々の船舶に対し、

個別に操船の支援を実施した研究例はない。著者は、GIS 上で三次元地形図を作成し、航海する航海シミュレーションを作成し、はじめてその海域を航海する航海士に対し、体験航海が出来、周辺海域の航海情報を再認識できるようにした。

地理情報システム (GIS: Geographic Information System) は、地理科学と空間情報科学を組み合わせたシステムである。(ESRI ジャパンによる)GIS は多種類の地理的なデータの分析、管理そして表現など、多方面に使用されているために、意思決定の支援システムとして利用されている(Shigeo Takahashi et al. 2000)。

通常の海図は電子海図や紙媒体の海図であり、二次元表示である。本研究では Google Earth を用いて三次元海図を構築した。Google Earth はグーグル社提供の衛星写真を使用した 3 次元地形表示のフリーの GIS ソフトである。グーグルアースは、衛星写真を立体表示するだけでなく、ユーザーがデータを自由に入力・表示できるので簡易な GIS ソフトとして使用できる(河西秀夫、2011)。そして、衛星リモートセンシング画像を提供し、向き、高度、座標などを表示することができる。さらにポイントラベル、パス、ポリゴン、画像などを地図の中に埋め込むこともできる。三次元空間の情

柳 馨竹・塩谷 茂明・笹 健児

大学院海事科学研究科

(〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

E-mail: 118w316w@stu.kobe-u.ac.jp

shiotani@maritime.kobe-u.ac.jp

sasa@maritime.kobe-u.ac.jp

報とリアルタイムの位置データを同時に使用して、リアルタイムの船位を三次元の海図内に簡単に表示することができる。

本支援システムの目的は三次元の地図上に、リアルタイムで、航海情報を提示することである。操船中の船舶の船位をリアルタイムで三次元の地図上に表現することができると、現在の船舶から見えている景色をパソコン上で再現し、見ることができます。さらに、それらのデータを陸地に転送すると、コンピュータでこの画像を監視することにより、陸上の熟練のオペレータから操船者への操船支援もリアルタイムで行うことが出来る。例えば、日本では特定港に入出港する際、水先案内人（パイロット）の強制乗船が義務付けられているか、経験豊かなパイロットが、航海士と一緒に乗船しなくとも、陸上からの監視によって支援が出来て、船舶の出入港操船の効率を改善することに役に立つ。また、使用者の必要に応じて、提供する情報の種類も任意にカスタマイズすることができる。例えば、気象海象情報、航海情報、漁場情報なども、それぞれの地理データを用意すれば、必要に応じて提示することができる。今回の研究は、これらの基礎研究として、海上で直接実施するのではなく、陸上において、船舶が航海する様子を模擬想定した。船舶が航海する状況をパソコンと GPS 受信機を持ちながら歩き、パソコンの画面上に実際の景色を模擬的に製作した三次元地図上に、歩行者が見える通りにリアルタイムで再現することができた。

## 2. 船舶出入港支援の設計

図- 1 に一連の操作を実行するプログラムのフローチャートを示す。最初に、3D モデルソフト SketchUp を使い、港のより現実的な 3D モデルを作製する。これらの 3D モデルを衛星写真が示す Google Earth (Virtual Globe) の中に組み込み背景として用意する。バーチャル空間を用意した後、船舶が航行した際に、GPS データをリアルタイム

で Google Earth の KML ファイルを更新して、バーチャル空間内の風景も一緒にリアルタイムで更新する。このようにして、航行船舶の船上から見る景色をリアルタイムで三次元提示するバーチャルグローブの作製が出来る。

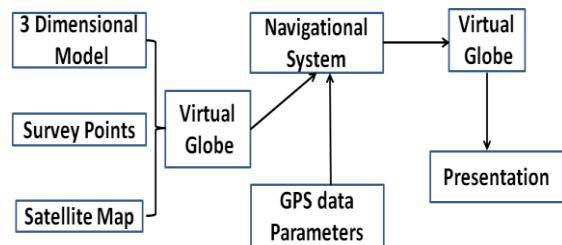


図- 2 Flow chart of the whole system

## 3. 技術背景

### 3.1 Visual C# の利用

C#は共通言語基盤（共通言語ランタイムなど）が解釈する共通中間言語にコンパイルされて実行される。.NET 構想における中心的な開発言語であり、XML Web サービスや ASP.NET の記述にも使用される。（C Sharp—ウィキペディア）本システムでは KML ファイルを更新しながら、三次元画面のリアルタイム表示ができた。図- 2 に SerialPort で受信した G P S 生データを示している。データは NMEA 0183 の仕様表示されている。NMEA 標準のすべてのステートメントは、ASCII コードに基づいている（NMEA 0183—ウィキペディア）。

```

1 $GPGGA,063700.000,3443.1252,N,13517.3649,E,1,05,1.7,9.3,M,33.9,M,,0000*53
2 $GPGLL,3443.1252,N,13517.3649,E,063700.000,A,A*56
3 $GPGSA,A,3,17,20,04,28,32,,,,,,2.7,1.7,2.1*39
4 $GPRMC,063700.000,A,3443.1252,N,13517.3649,E,0.00,,101012,,A*7C
5 $GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K,A*13
6 $GPGGA,063701.000,3443.1252,N,13517.3649,E,1,05,1.7,9.3,M,33.9,M,,0000*52
7 $GPGLL,3443.1252,N,13517.3649,E,063701.000,A,A*57
8 $GPGSA,A,3,17,20,04,28,32,,,,,,2.7,1.7,2.1*39
9 $GPRMC,063701.000,A,3443.1252,N,13517.3649,E,0.00,,101012,,A*7D
10 $GPVTG,,T,,M,0.00,N,0.0,K,A*13
11 $GPGGA,063702.000,3443.1252,N,13517.3649,E,1,05,1.7,9.3,M,33.9,M,,0000*51
12 $GPGLL,3443.1252,N,13517.3649,E,063702.000,A,A*54
  
```

図- 2 SerialPort で受信した G P S 生データ

本研究では、緯度、経度、速度、方向と時間情報を取得するため、\$ GPRMC センテンスをデコー

ドした。今回使った受信機は一秒一回で GPRMC データを受信している。デコードした GORMC データを図-3 に示す。これらのデータ中の時間、座標および方位情報を KML ファイルに書き込み逐次に内容を更新する。

```
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692718333333,135.273275,2012/12/2 17:57:44,1.9268643576,162.26,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692718333333,135.273275,2012/12/2 17:57:44,1.9268643576,162.26,
34.692703333333,135.273275,2012/12/2 17:57:43,4.2242795532,189.41,
34.692718333333,135.273275,2012/12/2 17:57:44,1.9268643576,162.26,
```

図-3 デコードした GPS データ

### 3.2 Google Earth の三次元地図への応用

Google Earth は優れた地図のプラットフォームであり、高解像度な衛星リモートセンシング画像を提供する。さらに、Google Earth インタフェースを使用することによって、地図の表示内容を制御でき、独自のシステムの中で Google Earth のマップ要素を操作することも可能になる (Google Earth COM API Documentation) (Yuan Jiandong, 2009)。

### 3.3 KML ファイル

KML(ケイエムエル)は、アプリケーション・プログラムにおける三次元地理空間情報の表示を管理するために開発された、XML ベースのマークアップ言語である。KML 文書はテキスト形式で、Google Earth や Google Maps、Google Mobile で表示する要素を記述する (What Is KML)。また、KML ファイルは、NASA WorldWind, ESRI 社の ArcGIS Explorer 等、他の地理情報システムのソフトに実装することもできる (KML 2.2 Reference)。本研究は、C#コンパイラで KML ファイルを編集、保存、そして開発した GIS システム内にエンベデッドした。図-4 に KML ファイルの中に、「Camera」は、観測者の位置と向きのビューを指定する。前のプロセスでデコードした最新の一行の GPS データをパラメータと

して KML ファイルの各サブ要素の値を更新する。

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> KML Header
2 <Document> Opening tag of object Container
3   <Name>camera</Name>
4   <Open>1</open>
5   <Camera> Opening tag of Camera object
6     <longitude>-122.4790</longitude> Coordinates of object
7     <latitude>37.8110</latitude>
8     <heading>18.0</heading> Direction of Camera object
9     <tilt>90</tilt> Tilt of Camera object
10    <range>60</range> Range of Camera object
11    <altitudeMode>absolute</altitudeMode> Altitude of Camera object
12  </Camera> Closing tag of object container
13 </Document> KML footer
```

図-4 Camera を設定する KML コードである

### 4. 出入港支援システムの基礎実験手続き

本船舶入港支援システムは Microsoft Visual Studio 2010 c# (Express Version) をコンパイル環境として使用している。C#を利用し、コンピュータと GPS 受信機、そして Google Earth と受信する GPS の間に、データの転送を行う。システム内の構造を図-5 に示す。

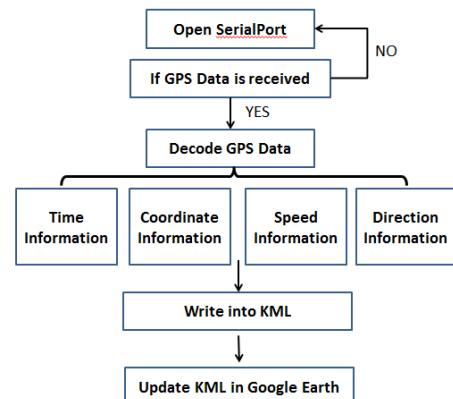


図-5 プログラムのフローチャート

まず GPS 受信機での生データを受け取った後にデコードし、船位、船速、針路を行別に記録する。次に、必要な地理データを取り出して、KML ファイルの内容を 5 秒ずつ更新する。最後に、GPS の動的位置情報を三次元海図上に表示する。

#### 4.1 バーチャル空間の構築

まず、バーチャル空間を作るために、実際現場の衛星写真と実際の平面図、及び正確な高さを表示の

数値を作る。両方を使って、二次元ベクトルグラフィックスを作る。図-6に、神戸大学海事科学研究科のある深江キャンパスの二次元ベクトルフィックスを示す。白色の部分がキャンパスである。これを利用し、三次元モデルの位置の情報を精度よく確保できる。

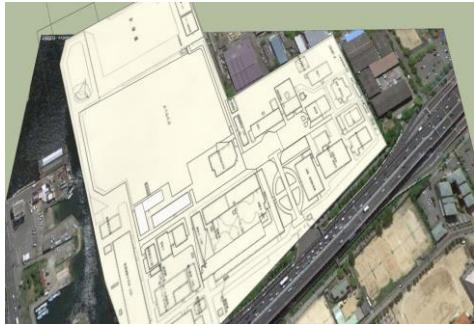


図-6 深江キャンパスのベクトルグラフィックス

次は、実際の建物の高さにより、二次元表示の建物の位置に三次元の輪郭を作る。建物の実写真を利用し、三次元モデルのテクスチャを変更する。図-7は深江キャンパスの三次元ベクトルグラフィックスである。これにより、深江キャンパスのバーチャル空間が完成する。次の実験は、図-7に完成した三次元風景を示す。



図-7 深江キャンパスのベクトルグラフィックス

#### 4.2 実験装置について

ノート型PCのプロセッサはIntel(R) Core(TM)i3 CPUである。システムの種類は32 bitsである。Fig.8にPC上に表示の三次元景色を示す。GPS受

信機はGARMIN GPSmap60CSxである。GPS受信機は図-8の右側にあり、USBコンセントでPCと連結している。PCの画面上にGoogle Earthで作成した三次元地図を表示し、GPS受信機で得られた位置を取り込み、画面がリアルタイムで変化する。



図-8 実験装置のPCとGPS受信機

#### 4.3 実験方法

図-9に本研究の実験方法を示す。二人はパソコンと受信機を持ちながら、学校内を歩く。現実のキャンパス内を歩くと、パソコン上のバーチャル空間の景色も一緒に変わることを確認した。パソコン上の画面と現実の景色を比較することにより、システムの正確性を確認した。



図-9 実験状況

#### 4.4 実験結果

リアルタイムでパソコンのバーチャル空間の映像を視方位に追従して変えることができた。図-10にリアルタイムでパソコン上に作成したバーチャル空間の映像を、歩いた時の景色の変化を示す。



図- 10(a) 正面方向



図- 10 (b) 視点を左に変えた場合

図-10 リアルタイムの三次元映像

(a)の左図はカメラで撮影した実際のキャンパス内の建物であり、右図はパソコン上で見えるバーチャル空間の建物である。両者はよく似ていて、バーチャル空間は精度よく作成されている。前方に見える建物に向かって歩くと、建物が接近してくる。途中で視点を左に向けると図(b)に示すように、左側の建物が見えてくる。このように視点の向きを変えると、それに追従して、バーチャル空間内で景色が変わるので、より現実的である。

KML ファイルの地理データは5秒ごとに更新しているため、パソコン上の画面は、被験者が歩いた通り、位置の変化に追従して景色も変わる。図-11 は計画路線に沿って歩いた場合の画面の変化を示す。赤い線は計画路線で、その上に、A,B,C の3ポイントを設定して、A から C に向かって歩いた場合の各ポイントから見える景色を ABC 図にしめた。このシステムを、船で利用すると、出入港の計画航路をマップ上に表示することにより、操船者自身の実際航路と計画航路が比較することができる。偏差が存在すれば、同時に操船法の変更も可能である。



A



B



C

図- 11 線路による歩く映像

本システムは、自動的に GPS の生データ、デコードされたデータを txt 内及び KML ファイル内に記録することができる。最後に、図-12 のように、赤線と黄色線を利用して、自分の足跡と計画線路の区別を容易に判別できる。船に利用される場合、出入港時の航跡を計画航跡と比べることもできる。航跡の再現もできる。



図-12 足跡と計画線路の再現図

図-13 は過去の実験データを利用し、再現した映像データと同位置から見えるバーチャル空間の映像の比較図を示す。



図-13 (a)



図-13 (b)



図-13 (c)

図-13 入港時の景色の変化

## 5 結論

本研究で Google Earth と GPS を組み合わせた位置表示システムを作成することができた。これにより、バーチャル空間上をリアルタイムに移動できるシステムを構築することができたので、船舶の陸上から支援する操船支援システムの基礎が確立した。

さらに、シリアルポートクラスを使って、受信した GPS の生データをパソコンへ転送し、デコードすると船舶の船位、船速、針路を記録することができる。最後に、Google Earth の COM API と KML で受信した生データを Google Earth の三次元海図上で、リ

アルタイムで表示することができた。

このシステムでは更なる開発を行うためには、いくつかの問題点がある。以下の更なる改善を行う所有である。

1) 本研究に使われた GPS 受信機の精度は十分に高いとは言えない。実際の誤差が存在するという問題点があった。また、受信してから、デコード、表示、記録など、これらの作業の処理時間が遅れる。システムの効率化を行い、時間遅れを減少する。

2) このシステムを船舶の操船に適用すると、船橋から見える景色を三次元で航海中に PC 画面上で再現できる。さらに GPS 信号を取り込むことにより、バーチャル空間を航行することができる。船橋上で操船する航海士が見張り業務で視点を前方から正横方向に変えると、景色もそれに伴って変化する。これらの操船を陸上のパソコン画面で再現すると、陸上で、船上にいるときと同じ景色を再現できる。これは、陸上から出入港する船舶の操船を支援できるシステムに繋がるので、今後、この研究を重复的に発展させる所存である。

## 謝辞

本研究を進めるに当たり、貴重な御助言を頂いた神戸大学大学院海事科学研究科の教員に対し厚く御礼を申し上げます。また、実験の補助をしていただいた海事科学研究科塩谷研究室の学生諸君に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- ESRI ジャパン G I S とは、  
<http://www.esrij.com/getting-started/what-is-gis/>
- C Sharp—ウィキペディア、  
[http://ja.wikipedia.org/wiki/C\\_sharp#yield\\_E3.82.AD.E3.83.BC.E3.83.AF.E3.83.BC.E3.83.89](http://ja.wikipedia.org/wiki/C_sharp#yield_E3.82.AD.E3.83.BC.E3.83.AF.E3.83.BC.E3.83.89)
- 河西秀夫 (2011) : グーグルアースの KML ドキュメントからのデータ抽出プログラムの開発、山梨学院大学現代ビジネス研究 4, 67-73, 2011-02-01  
 Hiroyuki Sakurai and Takashi Inoue,

Development by GIS Electric Geography, Sugimoto Shuppan, 2001, pp. 11-14 (Japanese)  
aNMEA 0183—ウェイキペディア,  
[http://ja.wikipedia.org/wiki/NMEA\\_0183](http://ja.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183)  
GPS 受信機出力データ書式,  
<http://ssro.ee.uec.ac.jp/ssro/uchuu-tsuushin/gps/GPS-data-format.html>  
Global Positioning System,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)  
Hydrographic and Oceanographic Department in the Japan Coast Guard, Condition of rescue and generation of marine disaster and accident involving a human life, 2007, pp. 16-19.  
Makoto Murakoshi and Yoshiki Wakabayashi. GIS and Space Acknowledgement, Kokin shoin, 2006, pp7-8. (in Japanese)  
Google Earth COM API Documentation,  
<http://earth.google.com/comapi>  
What Is KML,  
<http://code.google.com/apis/kml/documentation/whatiskml.html>  
KML2.2 Reference  
[http://code.google.com/apis/kml/documentation/kml\\_tagsbeta1.html](http://code.google.com/apis/kml/documentation/kml_tagsbeta1.html)  
C#调用 Google Earth COM API 开发(一), (二)  
<http://www.cnblogs.com/wpwen/archive/2009/03/18/1385570.html> (Chinese)

Hidenari MAKINO, Shigeaki SHIOTANI, Noriyoshi KIMURA, and Ichiro ASANO, Information System for Achieving Navigational Safety by Obtaining Visual Information Using a 360° Camera, 2012 Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, pp. 248-252, 2012, (Japanese)  
S. Shiotani, H. Makino, Y. Nagayoshi and S. Ryu, "Study on Navigational Simulation for Safety of Ship Sailig in Coastal Sea Area", JSCE Trans. Committee on Civil Engineering in the Oean, vol. 67, no. 2, pp. I-838-843, 2011  
Shigeo Takahashi and Kazuhiro Sanjo, GIS Learned by Example and Analysis of Local Area, Morikita Shuppan, 2000, pp. 1-3. (in Japanese)  
Windows Forms Controls,  
[http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/etb6e2a\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/etb6e2a(v=vs.80).aspx)  
XML Document,  
[http://ufcpp.net/study/csharp/sp\\_xmldoc.html](http://ufcpp.net/study/csharp/sp_xmldoc.html) (Japanese)  
Yuan Jiandong, The Design and Realization of Navigation and Positioning Using Car-carring GPS, Xian University of Science and Technology[D], 2009. (Chinese)  
Tomokazu Takahashi, Analysis using Geographic Network, Tukuba Daigaku, 2003, pp. 6-29. (Japanese)