

平成22年03月31日現在

研究種目： 若手研究 (B)  
 研究期間： 2008～2009  
 課題番号： 20700104  
 研究課題名 (和文) 革新的な Web 技術を利用した異種衛星画像検索・閲覧手法の研究  
 研究課題名 (英文) A Research for Browsing and Searching Heterogeneous Satellite Images Based on Novel Web Technologies  
 研究代表者  
 横山 昌平 (YOKOYAMA SHOHEI)  
 静岡大学・情報学部・助教  
 研究者番号： 20443236

研究成果の概要 (和文)：本研究では Web GIS アプリケーションフレームワークの rinzo.ma を提案した。rinzo.ma はリモートセンシングに係る研究者のための基盤ソフトウェアであり Web ブラウザで動作する。本成果の例示として実際的なアプリケーションの開発も行った。

研究成果の概要 (英文)：In this Research, I proposed design and application of a Web GIS application framework, rinzo.ma. The rinzo.ma is an infrastructure software which is available on most Web browsers, and it is designed for researchers of remote sensing using satellite images. I also implemented satellite image applications using rinzo.ma.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：e-science、GIS、Web アプリケーション

## 1. 研究開始当初の背景

本研究では、人工衛星のセンサから送られる画像データを効率的に検索・閲覧する技術の研究を行った。人工衛星から送られてくる画像データは膨大かつ日々増加している。このような莫大な画像から地球環境科学諸分野の研究者が任意の画像、例えば北極上空の夏の画像を過去10年間に遡って得るといような検索を行う事は、従来、困難な事とされてきた。その主な要因は次の点にある。

- 衛星画像のメタデータの整備、利用技術、

実装系が整っていない。

- 異なる衛星データ同士の連携の枠組みが整備されていない。
- Web等を介した衛星データの公開・共有の仕組みがまだ萌芽的な段階である。そのため、データの大規模、分散、異種といった問題を解決するデータ工学的な視点からの研究開発が不可欠であった。一方で、近年のWebの発展により、ブラウザによって利用可能なコンテンツは飛躍的な進化を遂げた。例えば Google Map では広

域かつ解像度の異なる地図に対して、Web ブラウザを通して自由にスクロール、拡大・縮小できる機能を提供し、大規模なデータが対話性の高い環境で操作できると共に、他のサービスなどと容易に連携(マッシュアップ)できる環境を提供している。このようなブラウザの斬新な利用技術はインターネットの新しいパラダイムを形成している。このような新しい Web 技術は、一般的ユーザが利用するコンテンツとしては普及しているが、科学・研究用途においては、利用が進んでいなかった。その理由として、データとサービス、アプリケーションロジックの分離を行う為の機構が既存手法には備わっていなかった事が挙げられる。例えば Google Maps は、時前の衛星画像をベースマップとして、その上でアプリケーションを構築する事が前提であった。またアプリケーションフレームワークも API 形式で提供しているにすぎず、ユーザが実装したアプリケーションを他のユーザが利用する等といった、再利用性が考慮されておらず、独自のデータ・独自の処理を様々組み合わせる e-science 用途としては不十分である。そこで、本研究において、地球科学分野の研究用途にも使える Web GIS アプリケーションフレームワークを実現を目指した。

## 2. 研究の目的

近年、Web 技術の急速な発展に伴い、例えば Google Maps に代表されるように、衛星画像等 GIS が扱う時空間データ(以下 GIS データと呼ぶ)を Web ブラウザで簡便に閲覧する仕組みに注目が集まっている。Web2.0 というキーワードと共に注目を浴びた JavaScript/Ajax やダイナミック HTML を駆使すれば、地図のスクロールや動的なデータ読み込みが Web ブラウザ上で可能となった。このように Web コンテンツがリッチなユーザインタフェースを持つ事により、従来ならばスタンドアロン型として提供されていた種々のアプリケーションが Web ブラウザ上で動作する軽量のサービスとして、次々に無料あるいは安価に提供されている。

しかしながら、そのような Web 技術の急速な発展の恩恵は、同じく衛星画像を使う地球科学・リモートセンシング等の研究用にまでは波及していない。本論文にて提案する Web GIS アプリケーションフレームワーク rinzo.ma は衛星画像を用いる研究者の為の基盤ソフトウェアであり、Google Maps の様なリッチインターフェイスを持った GIS アプリケーションを Web ブラウザ上で構築する為のフレームワークである。rinzo.ma を利用する事により、ユーザ独自の衛星画像検索、処理、閲覧システムを Web ブラウザ上に rinzo.ma のプラグインとして構築すること

ができる。

rinzo.ma プラグインは公開・共有する事ができる。また公開されている複数のプラグインを組み合わせて、独自の Web GIS アプリケーションを構築する事も可能である。rinzo.ma がプラグイン作成者に提供するものは、統一的な GUI 設計、プラグインの共通仕様、およびプラグイン間でのデータ交換の仕組みである。本論文では、その共通仕様について詳述するとともに、その設計へ至る背景を説明する。rinzo.ma は産業技術総合研究所による地球観測衛星データの大規模アーカイブ・高度処理に関する研究プロジェクトである GEO Grid との連携の元で設計され、オンデマンド DEM (Digital Elevation Map/数値標高モデル) マップ作成の為のインタフェースとして実際に利用されている。このシステムでは rinzo.ma フレームワーク上で、Terra 衛星搭載 ASTER が観測した 160 万枚を超える衛星画像から、容易に目的の場所・撮影日時 of 画像を検索する仕組みを実現した。この他にも、Terra, Aqua 衛星搭載 MODIS センサによる黄砂観察や、地震前後の震源地付近の衛星画像を容易に検索・閲覧するシステムを作成している。rinzo.ma が扱うのは衛星画像だけではない。地質図の表示や緯度経度が整数値で交わる場所のデジタルカメラ写真を公開している Degree Confluence Project のビューワーや、住所を緯度経度に変換するジオコーディング機能等も rinzo.ma プラグインとして公開している。

本研究では、プラグインの再利用性を考慮した Web GIS アプリケーションフレームワーク rinzo.ma の設計を行い、また 180TB を超える膨大な衛星画像リポジトリから効率良く目的画像を検索する仕組み、また Web サーバ・ブラウザ間でのシームレスなストリーム情報通信機能に関して研究した。また rinzo.ma は研究成果物として広く公開しており、第三者の利用実績もすでにある。

## 3. 研究の方法

本研究は、Web ブラウザ上でリッチなインタフェースを有する GIS アプリケーションを構築する為の Web サーバ・ブラウザ間の通信技術と、アプリケーションを再利用する為のプラグインの設計という二つの課題を有している。また単にフレームワークを提案するだけでなく、実際の衛星画像や GIS データなどを利用したアプリケーションの開発も同時に進めて来た。

### (1) Web サーバ・ブラウザ間通信

本サブテーマでは、メモリ上に木構造を展開する JSON の欠点である高メモリ負荷を補完する、イベントドリブン型の Web サーバ・ブラウザ間通信手法 Freddy を提案した。

提案手法ではサーバ側において XML をイベ

ントの順序に従い細かく分割し、複数のファイルに保存する。それらのファイルは JavaScript のサブセットである独自のフォーマット (Freddy フォーマット) で記述され、イベント毎に SAX イベントハンドラを呼び出すコードが定義されている。これを一定イベント毎に断片化し複数のファイルに保存する。分割された複数のファイルを順番にクライアントである Web ブラウザにダイナミックロードする事により、クライアント側で定義された SAX イベントハンドラが呼び出され、SAX イベントがクライアントプログラムに通知される。さらに、読み込んで実行されたファイルを順次メモリから開放する事により、効率的に動作する。

これらの処理はバックグラウンドで行われ、XML ファイルの分割、取得、統合は利用者から隠蔽されている。利用者は Freddy へ読み込みたい XML 文書の URL とイベントハンドラを渡すだけで動作させることができる。

#### (2) rinzo.ma

本サブテーマでは、Web GIS アプリケーションフレームワーク rinzo.ma の設計について検討した。rinzo.ma は柔軟なプラグイン仕様を持ち、容易に共有・再利用を行う事ができる。また複数のプラグインを組み込むことにより、GIS データに対するワークフローを実行できる。

rinzo.ma を使えば、利用者独自のデータ・処理に基づいた独自の GIS アプリケーションを容易に構築する事が可能となる。rinzo.ma が既存手法と異なるのは、GIS データ提供者が検索や利用の為にユーザインタフェースまで作成するというモデルを採用している点である。GIS データの利用には、メタデータスキーマの知識が必要と前述したが、その知識を深く有しているのはデータ提供者である。つまりデータ提供者がメタデータ検索用の GUI を作成する事により、データの利用者は、メタデータに関する知識がなくとも GUI 操作により、必要な GIS データを検索し利用する事ができる。言い換えるなら、従来はシステム開発の技術を持ち、また利用するデータに対する知識を持っている開発者が利用者のニーズに応じたシステムを個々に開発していたのに対し、rinzo.ma では、データ提供者が rinzo.ma プラグインの形式として、データ検索・処理を操作するユーザインタフェース含んだコンポーネントとして GIS データが提供されるため、利用者は rinzo.ma 上でそれらプラグインを組み込むだけで複数の GIS データを連携利用できる。

rinzo.ma は非常に柔軟なプラグインの仕様を持っている。データ提供者はデータ検索の為にシステムと GUI を rinzo.ma のプラグインとして実装する事により、データの利用者は Web ブラウザのみでこれを利用できる。

またプラグイン同士の連携をサポートする仕組みも有しており、複数のデータソースの連携も可能である。例えば住所から緯度経度を算出するジオコーディングのプラグインと衛星画像検索プラグインを連携させ、住所からその場所の衛星画像を検索する等の利用が考えられる。

rinzo.ma を利用する際に必要なソフトウェアは Web ブラウザだけである。プラグインの動的な追加や組み替えも Web ブラウザだけで行う事ができる。特定のアプリケーションのインストールは一切必要無い。

#### (3) アプリケーション開発

本サブテーマでは、rinzo.ma を使用する実際のアプリケーションの開発を行った。本研究期間内に実装した GIS アプリケーションの一例は次の通りである。

- ① MODIS による黄砂観測
- ② ASTER 衛星画像のモザイク生成と時系列アニメーション
- ③ 地震前後の衛星画像による被害状況の確認

ここで挙げたアプリケーションの詳細は次節にて記す。また、これ以外にも rinzo.ma はオープンソースソフトウェアとして公開しており、第三者による利用実績を有している。

## 4. 研究成果

### (1) Web サーバ・ブラウザ間通信

Freddy を利用した XML 文書処理の性能を計測するために 1MB から 100MB までのサイズの異なる三つの XML 文書を作成した。そして、それらの文書に対して Python で実装した SAX アプリケーション及び、Web ブラウザ上で提案手法を用いて実装された SAX アプリケーションがそれぞれインターネットを介して読み込みに要する時間を計測した。

本実験では、SAX を用いてネットワーク越しの XML 文書を処理するシナリオにおいて、スタンドアロンアプリケーションでこれを行う場合と提案手法を利用する場合を比較する事により、Web ブラウザを用いて大規模な XML 処理が可能かどうかを明らかにする。

本実験では Python によって実装されたスタンドアロンアプリケーションと Freddy を利用した JavaScript による Web アプリケーションの比較を行う。Web アプリケーションの実行には Microsoft Internet Explorer 6 (以下 IE と略す) と Mozilla FireFox2 (以下 FF と略す) の双方を用いた。つまり、本実験では以下の 5 つの場合に関して、SAX によって XML 文書を処理し終わるまでの時間を計測している。

- Python で実装されたスタンドアロンアプリケーション
- FF を利用して XML 文書を直接読み込

- Freddy フォーマットに変換済みのデータを FF で読み込む
- IE を利用して XML 文書を直接読み込む
- Freddy フォーマットに変換済みのデータを IE で読み込む

計測は三つのテストデータに対して、上記5パターンの SAX の処理終了までにかかる時間を計測した。計測は100回ずつ行った。実験結果を以下の図に示す。

図1 1MB のデータセットにおける結果

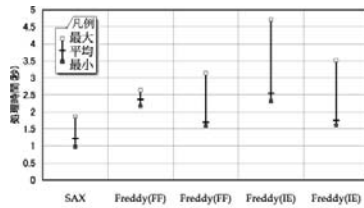


図2 10MB のデータセットにおける結果

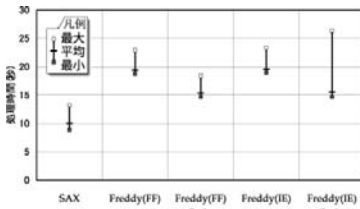
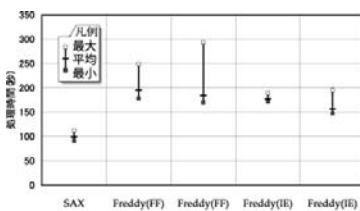
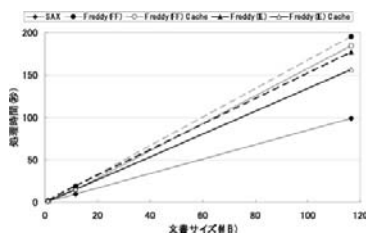


図3 100MB のデータセットにおける結果



次に文書サイズによる処理時間の関係を以下の図に示す。

図4 文書サイズと処理時間の関係



これらの結果から、まず IE と FF はほぼ同じ動作速度が得られることが分かった。ただし 100MB のテストセットにおいては若干 IE が勝っている。動作速度に関しては Freddy フォーマットでキャッシュした場合はスタンドアロンアプリケーションによる SAX の処理の 1.5 倍程度、XML 文書を直接 Freddy で読み込む場合はスタンドアロンアプリケーションに比べて 2 倍程度の処理時間を要する事

が分かった。Web アプリケーションの利点は全てのインターネットユーザが利用できる Web ブラウザ上でインストール無しに利用できる点である。過去にスタンドアロンアプリケーションとして提供されていたワードプロセッサソフトや表計算ソフトが、現在は Web ブラウザ上で利用することができる。このように多くのソフトが Web アプリケーションへ移行している。

提案手法 Freddy はプログラミングに関する制約の多い Web ブラウザ上での実装であり、今回の実験ではスタンドアロンアプリケーションと同等の処理速度とはならなかったが、Freddy の処理時間は文書サイズにのみ比例する事は示せた。Web アプリケーションの利点と急速な普及を考えると、本実験結果は提案手法が Web アプリケーションから利用できる実際的な性能を有している事を表していると考えられる。

## (2) rinzo.ma

本研究にて開発した rinzo.ma の画面を図5に示す。

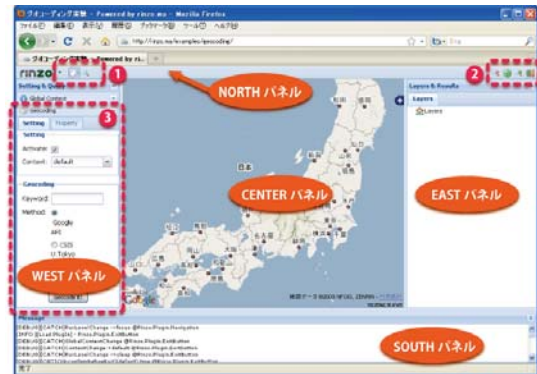


図5 rinzo.ma の画面

画面は Border レイアウトになっており、画面中央および東西南北に区切られている。CENTER パネルは地図を表示する為に利用される。この図ではベースマップとして Google Maps が表示されている。この図では説明の為に Google Maps の地図を表示しているが、ベースマップは選択的に利用でき、Google Maps が一部制限している商用利用等の用途では、独自のベースマップか、無償で公開されている Nasa の landsat WMS サーバ等を利用すればよい。

SOUTH パネルには rinzo.ma やそのプラグインが出力するログ情報が表示されている。

NORTH パネルには、トグルボタン(図中 1)とボタン(図中 2)が並ぶ。これらのボタンはプラグインによって定義される。各プラグインは一つのトグルボタンと複数のボタンを持つ事ができる。例えば虫眼鏡のアイコンは地図のズーム機能を担当するプラグインによって定義され、このトグルボタンを押下すると、CENTER パネル地図上に矩形領域を選択できるようになり、選択後その領域にズーム



する。

プラグイン関連パネルは、EAST パネルおよび WEST パネルに配置でき、WEST パネルはアコーディオン、EAST パネルはタブで、パネルの表示非表示を制御できる。これらのパネルはプラグインが自由にデザインできるが、WEST パネルは入力部、EAST パネルは検索結果等の出力部に利用する事を推奨する。これにより、プラグインの開発者に関わらず、統一的操作感を提供できる。

rinzo.ma は現在以下の URL にて一般公開を行っている。( <http://rinzo.ma/> )

### (3) アプリケーション開発

#### ① MODIS による黄砂観測

MODIS はアメリカ航空宇宙局(NASA)によって開発されたセンサであり地球観測衛星 Terra, Aqua に搭載されている。MODIS の解像度は 500 メートルであるものの、毎日地球全域を観測できる。この MODIS のデータの一部は NASA のジェット推進研究所(JPL)が OGC WMS 形式で公開している。我々はこの公開されているデータを rinzo.ma 上に表示するプラグインを開発した。それを使い rinzo.ma のデモンストレーションの為に、2008 年の黄砂飛来状況を観測する Web GIS アプリケーションを実装した。

図 6 はその Web GIS アプリケーションによって観察された、黄砂の飛来状況である。rinzo.ma を使えば、このような時系列画像を順に閲覧する等の処理を簡単に実現することができる。

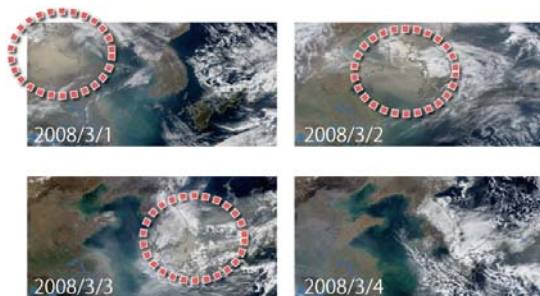


図 6 MODIS による黄砂観測

#### ② ASTER 衛星画像のモザイク生成と時系列アニメーション

ASTER は MODIS も搭載する地球観測衛星 Terra に搭載されているセンサであり、全球のデータを 15 メートルの解像度で収集している。産業技術総合研究所の GEO Grid では 2000 年 3 月 4 日から一日平均で約 470 シーン、全 160 万シーンの画像およびメタデータを、グリッド技術を使いハードディスク上で保持している。

図 7 は、rinzo.ma を使って実装した ASTER の衛星画像のモザイク生成アプリケーションである。モザイクとは地理的に隣接したシーンを結合する事で、より広い範囲の衛星画像を作り出す事である。

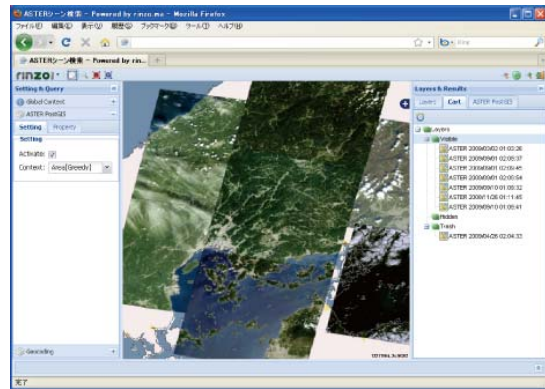


図 7 ASTER によるモザイク生成

図 8 は時間的に隣接したシーンをアニメーション表示する事につくばエクスプレス沿線の発展の様子を示している。

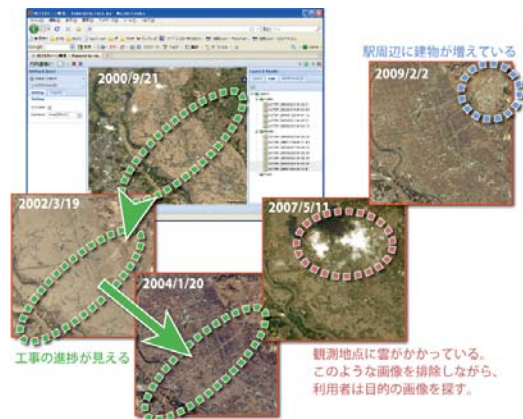


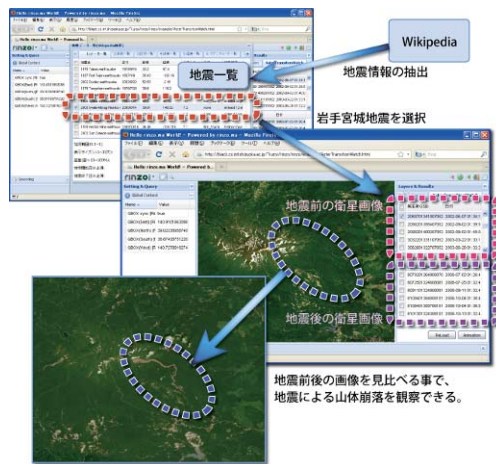
図 8 ASTER による時系列アニメーション

このように衛星画像を扱う GIS アプリケーションでは膨大な画像リポジトリの中から適切な画像を複数見つけ出し、コンテキストに応じて地図上に並べたり、あるいはアニメーションで表示したりする。このような複雑な検索・処理であっても rinzo.ma を利用する事によって Web ブラウザ上でリッチなユーザインタフェースを利用したアプリケーションとして実現する事ができる。

#### ③ 地震前後の衛星画像による被害状況の確認

このアプリケーションでは Wikipedia をマイニングする事によって得られた情報を使い衛星画像を検索している。実際には利用者は場所や時間を指定して画像を検索したいのではなく、「つくばエクスプレス建設の様子を検索したい」という事象についての検索をするという文脈において利用される事が想定される。その様な利用法に対応するため、事象を Wikipedia から発見して rinzo.ma 上で利用者に提示する手法を検討した。図 9 はこのアプリケーションを使って表示した岩手・宮城内陸地震(2008 年 6 月 14 日発生)に

よる山体崩落現場の災害前後の画像である。  
 図9 岩手・宮城内陸地震被害の様子



本研究では単に Web GIS アプリケーションフレームワークを設計し実装するに留まらず、その要素技術である新たな Web サーバ・ブラウザ間通信手法を提案し、また実際的なアプリケーションの実装も行った。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 横山昌平, 黒井星良, 岡本章裕, 石川博, Web GIS アプリケーションフレームワーク rinzo.ma の設計と応用, 情報処理学会論文誌 データベース, 査読有, Vol. 3, No.1, pp.82-95, 2010.3
- ② S Sekiguchi, Y Tanaka, I Kojima, N Yamamoto S Yokoyama, Y Tanimura R Nakamura K Iwao, S Tsuchida, "Design Principles and IT Overviews of the GEO Grid", IEEE Systems Journal, 査読有, Volume. 2, Issue. 3, pp. 374-389, Sept. 2008
- ③ 横山昌平, "Web ブラウザから利用できる SAX パーサ"Freddy"の実装と評価", 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J91-D No. 3 pp.585-594, 査読有, 2008
- ④ 横山昌平, "Web サーバ・ブラウザ間における XML ストリーム通信の実装", 日本データベース学会 Letters Vol. 6, No. 1, pp. 89-92, 査読有, 2008

[学会発表] (計5件)

- ① 岡本章裕, 横山昌平, 福田直樹, 石川博, "Wikipedia を用いた衛星画像検索システムの開発", 第2回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM フォーラム 2010), 2010.3.1
- ② 岡本章裕, 横山昌平, 福田直樹, 石川博, "地球科学への応用に向けた Wikipedia 上の時空間データ抽出と可視化", 信学

技報, vol. 109, no. 186, DE2009-17, pp. 33-38, 2009.9.7

- ③ S Yokoyama, I Kojima, H Ishikawa, "FREDDY: A Web Browser-friendly Lightweight Data-Interchange Method Suitable for Composing Continuous Data Streams", ComposableWeb'09 Workshop, pp.39-50, 2009.6.23
- ④ 黒井星良, 岡本章裕, 横山昌平, 福田直樹, 石川博, "Web 技術を利用した効果的な災害前後の衛星画像検索・閲覧基盤の開発", 電子情報通信学会 第1回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2009), pp.1-8, 2009.3.8
- ⑤ 岡本章裕, 黒井星良, 横山昌平, 福田直樹, 石川博, "Wikipedia を対象とした地理情報と時間情報の抽出手法の提案", 電子情報通信学会 第1回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2009), pp.1-8, 2009.3.8

[その他]

ホームページ等

<http://rinzo.ma/>

オンライン IT 技術誌 (ThinkIT) 掲載:

<http://thinkit.co.jp/article/116/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

横山 昌平 (YOKOYAMA SHOHEI)  
 静岡大学・情報学部・助教  
 研究者番号: 20443236

##### (2) 研究分担者

##### (3) 連携研究者