

スマートフォンを活用したプローブ情報システムの構築

A Feasibility Study of Vehicle Probing Systems using Smartphone

佐藤 雅明^{*}, 和泉 順子[†], 松井 加奈絵^{**}, 上田 憲道[‡], 植原 啓介^{***}, 村井 純^{***}

^{*}慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科, ^{**}慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科

^{***}慶應義塾大学 環境情報学部, [†]奈良先端科学技術大学院大学, [‡]NEC ソフト株式会社

概要

プローブ情報システムは、車を道路交通の探査針(プローブ)とみなし、車のもつ様々なセンサーデータをリアルタイムな情報として収集し、車や社会全体に提供するものである。日本では既存の自動車テレマティクスの延長上で普及展開が進んでいるが、欧州では従来のテレマティクス機器に比べ安価にプローブサービスが実現可能なPND等を活用したプローブ情報システムの研究開発・普及展開が進んでいる。しかし、目的・用途が異なる主体によって個別に集められ、個々に利活用される状況では、個々の車の持つ情報の本来の可能性を最大限に活かしきれない。そこで、本研究では、事業者間や異なる形態のプローブ情報システムにおいて情報相互活用を実現するために、スマートフォンを車載機としたプローブ情報システムのリファレンスモデルを構築し、取得できる位置情報の精度や道路交通情報の生成に関する実現性の検証を行った。

1. 背景

プローブ情報システムは、自動車の保持するセンサーデータ(プローブデータ)を、インターネット等の汎用的な情報通信基盤を用いて収集して、統計的な処理等を施すことで、交通情報や気象情報、安全運転支援情報等の価値ある情報(プローブ情報)の生成・提供を実現する高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems : ITS)の1つである。

プローブ情報システムは、各国で研究開発[1][2][3][4]と普及展開が行われている。日本では、自動車メーカーをはじめとする自動車関連企業を中心に普及展開が進んでおり、既存の自動車テレマティクスの延長上に位置付けられている[5][6][7]。

一方、欧州では地理的な条件から、国単位に依

存しない広範囲なプローブ情報システムの情報利用に関する需要が高い。そのため、自動車テレマティクスとしてのプローブ情報システムと同時に、安価にプローブ情報システムが実現可能な携帯電話の位置情報や可搬型のナビゲーションデバイスである PND(Portable Navigation Device)や Nomadic Device 等を活用したプローブ情報システムの研究開発・普及展開が模索されており[8][9][10]、こうした動きは今後のプローブ情報システム市場へ大きな影響を与えると予想される。

2. 目的

自動車テレマティクスの延長上で検討されているプローブ情報システムは、専用の車載機や自動

車に搭載された各種のセンサ情報、ナビゲーションシステムに搭載されている精密な地図データベース等を活用して質の高い情報の取得と収集を実現している。一方、携帯電話の位置情報や PND 等を活用したプローブ情報システムは、一つ一つの情報の質は必ずしも高くないが、低コストで広範囲の情報を集約できるポテンシャルがある。プローブ情報システムは、目的・用途が異なる主体によって個別に集められ、個々に利活用される状況では、個々の車の持つ情報の本来の可能性を最大限に活かしきれない。自動車テレマティクス型の情報を、携帯電話や PND 型の情報で補完、あるいは統合して処理を行うことで、プローブ情報システムの価値は向上する。

そこで、本研究では、事業者間や異なる形態のプローブ情報システムにおいて情報相互活用を実現するために、スマートフォンを活用したプローブ情報システムのリファレンスシステムを構築し、その精度や品質等の検証を行った。

3. 携帯電話等を活用したプローブ情報システムの事例

3.1 HD Traffic (TomTom)

TomTom 社は大手 PND メーカーであり、HD Traffic サービスの中で、端末から直接上る情報と、携帯電話網から得られる情報から精度の高い交通情報を生成している。西欧のオランダ、ドイツ、英国、フランス、ベルギー、スイス、ポルトガルでサービスされている。CFCD (Cellular floating phone data) システムと呼ばれる、最大 1670 万台の携帯電話の匿名位置情報、PND から送信されるリアルタイム情報、蓄積情報などから、精度の高いリアルタイム交通情報を安価に生成できるとしている。TomTom 社の HD Traffic のシステム概要と情報のフローを図 1 に示す。

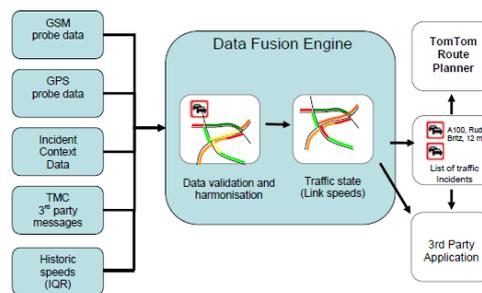


図 1 HD Traffic の情報のフロー (TomTom 社資料より)

3.2 Traffic Patterns (NAVTEQ)

NAVTEQ は 2004 年から北米で初めてカーナビの地図とリアルタイム交通情報を商用提供している。NAVTEQ の交通情報は、所有する世界最大級のセンサーネットワークで競合他社より 35% 高い道路カバー率を誇る。また、統計交通情報も提供しており、2008 年 5 月には Traffic Patterns v3.0 をリリースしている。これは 160 万 Km 近くの道路の平均速度の情報が含まれている。こうした情報に GPS 機器と携帯電話のプローブデータを追加することで、カバレッジと精度を向上している。加工されたリアルタイム交通情報は、サテライトラジオ、FM ラジオの RDS サブチャンネル、デジタルラジオ、携帯電話やサーバーベースのナビゲーション、交通情報 Web サイトを通じて提供されている。

3.3 Real-Time Traffic

Real-Time Traffic では、Wireless Signal Extraction 技術と呼ばれる、携帯電話網から匿名化された位置データを抽出する特許技術 (US Pat. 6842620、2005) を使って、交通情報などを、提供サービス会社に提供している。これは、携帯電話網から端末の位置情報を抽出して道路ネットワーク上の移動速度などに変換する技術である。情報の抽出にあたっては、携帯キャリアのネットワークセンタ内に、DEX (Data Exchange) サーバを設置し、ここで、プライバシー情報を取り除いて、

AirSage の Data Analysis Subsystem に集約され、位置情報、交通情報などに加工される。ユーザは、情報を提供する会社、政府機関などで、加工された情報が提供される。カバーしている道路ネットワークは 20 万マイル以上 (2009 年現在) に及ぶ。

4. 現状のプロブ情報システムの分析

現状のプロブ情報システムは、大別すると自動車関連企業が中心となり、カーナビゲーションシステム等の車載機器を活用して実現するテレマティク型のプロブ情報システムと、携帯電話や PND を活用して実現するプロブ情報システムの二種類に分類できる。

前者は主に企業・主体毎にシステムを構築する形を取り、特に車載機器・システムとセンタ間には密接な繋がりを持っているモデルで、車載アルゴリズムと送信システム、センタ側の処理が一体となってサービスの実現を図っている。一方、後者については、車載システム側の処理能力が比較的低いこともあり、自動車側は取得したデータを送信するだけで、センタ側で受け取ったデータに各種の処理を施してサービスを実現している。

双方のサービス共に、交通状態や気象等、広く公共の利益に資する社会性の高いサービスから、利用者の趣味や嗜好に応じた付加価値情報の提供やきめの細かい経路案内等の付加価値・差別化サービスまで幅の広いサービス提供を行っているが、付加価値・差別化サービスについては、個の特定や・蓄積されたユーザの行動履歴等の活用が不可欠となってくる。一方、社会性の高い汎用的な情報の提供については、基となるデータは匿名で十分であり、こうした匿名データについて統計等の処理を施すことで提供する情報を生成することが可能である。

したがって、情報の共有・集約の実現という目的に従い、本研究は匿名データを活用した社会性の高いサービスを目的としたプロブ情報システムを前提としてリファレンスシステムを構築する

こととした。

5. リファレンスシステムの設計と実装

5.1 リファレンスシステムの設計

4 章の検討に基づき、スマートフォンを活用したプロブ情報システムの設計と実装を行った。リファレンスシステムは、移動端末に実装する車載機能と、移動端末からの情報を受け取り簡易なプロブ情報を生成するセンタ機能から構成される。本研究では、現時点での普及率や実験環境の点から、車載側の端末として iPhone/iPad を用いることとした。

リファレンスシステムの構成を図 2 に示す。移動端末においてはスマートフォンを用いてプロブデータの記録・送信を行うが、基本的にスマートフォンに備えてあるセンサから位置をはじめとするデータを取得し記録する。今回はスマートフォンと車の接続は行っていない。

プロブ情報センタは移動端末からプロブデータを受信してデータベースに蓄積する。移動端末との通信は携帯電話の 3G 回線、ないしは無線 LAN を介してインターネットに接続することでおこなう。受信したプロブデータはマップマッチング等加工処理され定期的に交通情報として生成される。

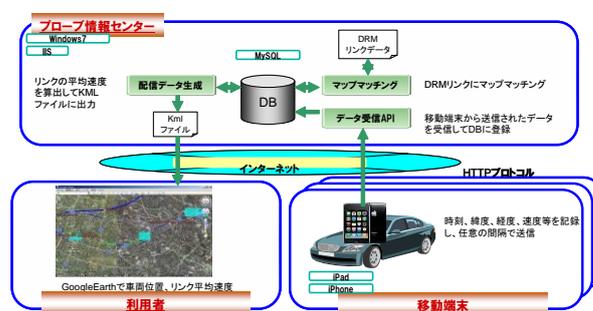


図 2 リファレンスシステムの構成

利用者は、生成された交通情報をダウンロードした各自の PC 等で交通情報を参照することが可

能である。

5.2 スマートフォン側システムの構成

スマートフォンにおいてプローブ情報を生成・記録するアプリケーションを iPhone アプリケーションとして構築した。アプリケーションの動作画面を図 3 に示す。また、画面の説明を以下に示す。



図 3 スマートフォン上での動作画面

ID エリア

- ・現在設定されている ID を表示する（未設定の場合は「(null)」）
- ・選択により、「ID」が入力可能となる

送信間隔

- ・現在設定されている送信間隔を表示する
- ・選択により、「送信間隔」が選択できる

記録間隔

- ・現在設定されている記録間隔を表示する
- ・選択により、「記録間隔」が選択できる

位置検出精度

- ・現在設定されている位置検出精度を表示する
- ・選択により、「位置検出精度」が選択できる

走行モードエリア

- ・現在設定されている走行モードを表示する
- ・選択により、「走行モード」が選択できる

開始ボタン

- ・選択により、プローブデータの記録と送信を開始する

本アプリケーションは、設定された位置検出精度にしたがい、位置情報を取得する。取得した位置情報は、次回の位置情報取得まで端末内に保持する。ただし、トンネル内等のなんらかの理由で位置情報の取得に失敗した場合は、情報は保持しない状態となる。端末から取得できる位置は携帯電話データ、Wi-Fi、および GPS からの情報を組み合わせで決定される。GPS 通信衛星の視界内に入らない場合、端末は Wi-Fi を使って位置を検出する。どの Wi-Fi の通信圏内からも外れている場合、端末は携帯電話基地局のアンテナを利用して位置を検出する。こうした位置情報は iPhone 側の API を介して取得できるものを使い、その際に同時に取得できる位置の取得精度 (iPhone の多くの位置アプリケーションにおいてマーカーの周りに青い円で表示されるものの半径) も記録する。

こうして取得されたプローブデータは、「記録間隔」で設定された間隔で端末上に記録される。記録するデータ数の上限は特に設けず、メモリの許す限り記録している。

記録されたプローブデータは、「送信間隔」で設定された間隔でサーバに送信する。サーバに送信済みの情報は、随時削除する。サーバからの応答が失敗だった場合、当該情報を次回通信時に再送信するものとする。3G や WiFi の圏外に出て通信不能となった場合は、再び通信可能になった時点でまとめて情報送信する。送信するデータを表 1 に示す。なお、今回のリファレンスシステムは 4 章で述べたように匿名データから情報を生成するため、個別情報である UDID (Unique Device Identifier) UDID は本来不要であるが、動作検証とシステムの評価のために収集している。

表1 スマートフォンからの取得データ

データ	型	桁数	備考
ID	文字列	最大 256	空白も可能
UDID	文字列	40	端末の UDID
通信モード	数値	1	1: 3G、2: WiFi
走行モード	数値	1	1: 歩行、2: 車
日時	数値	10	UNIX TIME、単位: 秒
緯度	数値	(9, 7)	WGS-84、単位: 度、北緯は正、南緯は負
経度	数値	(10, 7)	WGS-84、単位: 度、東経は正、西経は負
高度	数値	5	標高(海拔)、単位: m (-9999 ~ 9999)
位置精度	数値	4	単位: m
速度	数値	2	単位: m/s
走行方位	数値	4	北向き、時計回りの回転角度(真北が0)。単位: 0.1度、範囲: 0~3599
X軸加速度	数値	(4, 3)	単位: cm/s ²
Y軸加速度	数値	(4, 3)	単位: cm/s ²
Z軸加速度	数値	(4, 3)	単位: cm/s ²

5.3 センタ側システム

センタ側システムは WWW サーバ、iPhone 通信 API、データベース、マップマッチング機能、交通情報作成機能、および表示情報作成機能から構成される。

iPhone から送信されたプローブデータ群は、センタ側の iPhone 通信 API にて受信され、MySQL にて構築されたデータベース内に格納される。格納されたデータベース内の各プローブデータは、

マップマッチング機能にて最も適切と思われる道路リンク上の位置に修正され、データベース内にマップマッチング後のデータとして再び格納される。マップマッチング機能は常駐アプリケーションとして動作し、一定間隔で処理を行う。

交通情報作成プログラムも同じく常駐アプリケーションとして動作し、一定間隔毎にデータベースからマップマッチング後の情報を取得し、リンク毎に速度の平均化処理を行う。算出された平均旅行時間及び平均旅行速度はデータベースに格納される。

表示情報作成機能は、周期的にデータベースから道路リンク情報をチェックし、道路ネットワーク情報から道路の形状情報を取得して表示用のコンテンツ情報を作成する。また、CGI インタフェースを設け、HTTP リクエストを受けて指定された道路交通表示情報を含むレスポンスを作成して返答することも可能である。

本システムでは、表示用コンテンツは KML 仕様に従って作成されるため、Google Earth 等で簡単に確認することが可能である。

6. 実証実験

本研究では、構築したリファレンスモデルによって実環境によって動作実験を行い、システムの動作検証とスマートフォンによって生成されるプローブ情報の評価を行った。実験環境を表 2 に示す。

表2 実験環境

機能	概要
車載機 (スマートフォン)	ハードウェア: iPhone4・iPad OS: iOS4.0 以降
プローブ情報センタ	ハードウェア: CPU: Intel® Core i7 3.2GHz Memory: 12.0 GB OS: Windows 7 (64bit) DB: MySQL

6.1 プロブデータの取得・収集の検証

携帯端末 iPhone で設定した数値毎にセンタ側のデータベースの記録を確認し、データの取得・送信が行われることを確認した。図 4 に 1 秒間隔のプロブデータの軌跡を示す。

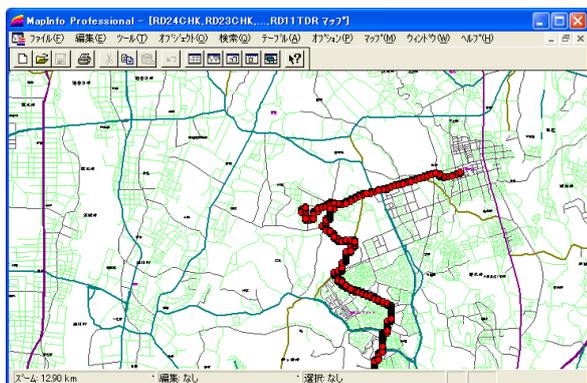


図 4 1 秒間隔のプロブデータの軌跡

データの記録間隔は提供するサービスによって要求される精度が異なるが、今回算出したリンク旅行速度をサービスとして提供することを考えると、記録間隔 1 秒においては一般道路走行及び渋滞時の走行では必要以上と考えられる。

また、携帯端末 iPhone より収集したプロブデータを地図上に描画し、データの妥当性を検討した。地図上に携帯端末 iPhone の設定値と収集したプロブデータを描画したものを図 5 に示す。収集したプロブデータが道路地図上に配置され、位置情報の緯度・経度情報の間隔より速度の違いが確認できた。



図 5 地図上に配置した収集データ

6.2 プロブデータの精度の検証

収集データから速度毎の平均位置精度、最大位置精度、データ数を算出したものを表 3 に、速度別の平均位置精度を図 6 に示す。

表 3 速度 10[m/s]毎の位置精度

速度[m/s]	平均位置精度[m]	最大位置精度[m]	データ数[個]
0~9	19.1	1500	25004
10~19	14.8	1500	8533
20~29	24.4	1500	5288
30~39	12.6	200	1076
40~49	37.2	200	70
50~59	16.6	200	83
60~69	35	200	110
70~79	68.9	200	77

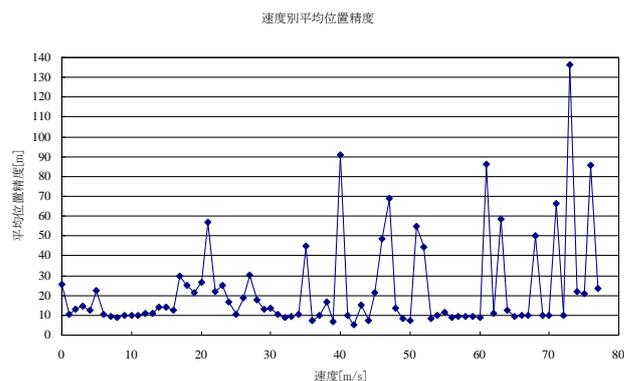


図 6 速度別平均位置精度

速度データの妥当性を検討してみると速度 40[m/s] (144[Km/h]) 以上のデータは、高速道路の走行であると想定しても実速度であるとは考えにくく、位置精度の低下による速度誤差と思われる。

次に、携帯端末 iPhone 毎の位置精度の検証を行った。端末の判別には個別情報である UDID(Unique Device Identifier)を使用し、移動端末 6 台で近畿地方、関東地方でのプロブ情報を取得した。端末毎の平均位置精度と最大位置精度(考慮すべき精度誤差)を表 4 に示す。

表 4 端末毎の平均位置精度と最大位置精度

端末UDID	平均位置精度[m]	最大位置精度[m]	データ数[個]
089285...	39.8	163	2242
362a4d...	83.2	1500	2591
38e3de...	9.1	100	2364
64759b...	13.4	1500	24102
9588d8...	16.2	200	4669
9de764...	8.4	1500	4273

さらに、データ数の最も多い端末 1 台について位置精度の位置精度 100m 以内の累積分布を確認した。この結果、位置精度 100m 以上のデータを除去した結果、UDID 64759b...では約 97%が位置精度 30m 以内に位置し約 90%が 10m 以内であることが確認できた。

6.3 考察

スマートフォンを活用したプローブ情報システムの取得情報の特徴としては、位置情報の精度のバラつきが挙げられる。前述の評価にもあるように、およそ 9 割程度は位置精度 30m 以内の誤差の測位が実現できている。実際の検証実験においては車の助手席の上という比較的測位条件が悪い環境で試験を行っていたが、図 7 に示すように、車両の通行軌跡はほぼ取得可能であった。

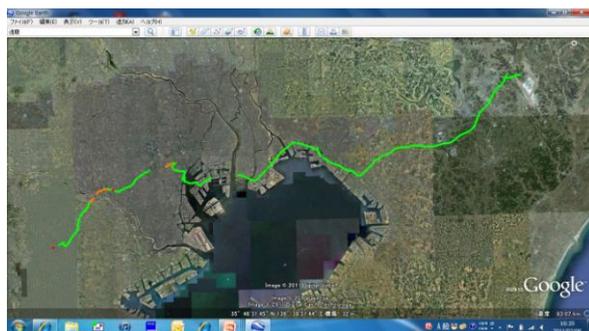


図 7 スマートフォンの軌跡

しかし、30m の誤差でもマップマッチング等の処理を行った際に、実際に通行している軌跡と異なる道路の情報として処理されることもあるため、交通情報全体の精度を落とす可能性もある。図 8 に、ダッシュボードに設置した高精度 GPS の軌跡

情報とスマートフォンプローブ情報の比較を示す。図中赤い点が高精度 GPS の軌跡であり、自動車の走行軌跡の真値であるが、交差点や Y 字型の三叉路等で、周辺の道路リンクの交通情報を誤って生成しているのが分かる。

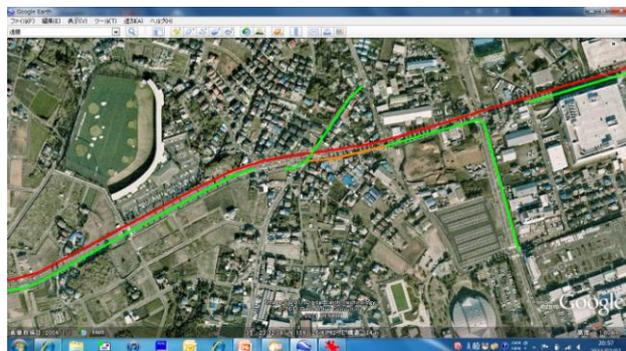


図 9 高精度 GPS の軌跡情報とスマートフォンのプローブ情報

一方、測位条件によっては 1km 以上離れた位置を示し、精度情報が 30m 以内の誤差を示すこともあった。こうしたはずれ値については履歴情報との比較や測位状態による閾値を設けることで比較的簡単に除外できると思われるが、スマートフォンを活用したプローブ情報システムを実現する上では配慮すべき要素である。

7. 結論

本研究では、事業者間や異なる形態のプローブ情報システムにおいて情報相互活用を実現するために、スマートフォンを活用したプローブ情報システムのリファレンスシステムを構築し、実環境での実証実験を行って、取得情報の精度等の検証を行った。その結果、スマートフォンによるプローブデータによって、交通情報の生成は可能であることが分かった。同時に、既存のテレマティクス環境との差異も明らかになった。

今後は、スマートフォンの所有者がどのような移動手段を利用しているかを取得することも精度を向上する上で非常に重要である。スマートフォンを持った人間が電車で移動した軌跡をプローブ

データとして取得した場合、マップマッチングをおこなうことで情報精度は劣化してしまう。こうした情報は道路交通情報には含めない等の対応を行うことが求められる。

謝辞

本研究は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託事業「戦略的国際標準化推進事業／標準化先導研究／ITS プローブ情報システムのサービスアーキテクチャ構築に関する標準化」として行われた結果を取りまとめたものである。

本研究を進めるにあたって、多大なご指導とご助言を頂いた研究委員会の皆様に感謝致します。また、日頃の議論や研究活動に協力して下さった慶應義塾大学の関係者の皆様、および WIDE プロジェクトの皆様に感謝致します。

参考文献

[1]Huber W., Ladke M., R. Ogger, "Extended floating car data for acquisition of traffic information", Proc of the 6th World Congress on ITS, Toronto, Canada. 1999.

[2]K.Uehara, H.Sunahara, J.Murai, "Problems and Tentative Solutions in InternetCAR Testing with IPv6", Proc. of SAINT2003 IPv6 Workshop, Jan 2003.

[3]U. Keisuke, S. Hideki, M. Jun, "The InternetCAR network architecture: Connect vehicles to the internet using IPv6" ITST2005, June2005, pp. 187-190

[4]Masaaki Sato, Yoshihiro Toyama, Keisuke Uehara, Jun Murai, "Feasibility Study of A Slippery Place Map Creation From Behavior of

ABS Signals on The Internet ITS Platform", Proc. of ITS World Congress 2006

[5] 本田技研工業(株), "インターナビ・プレミアムクラブ" , ,

<http://www.premium-club.jp/technology/tech1.html>

, (2011/04/11 現在)

[6] トヨタ自動車(株), "G-BOOK mX" ,

http://g-book.com/pc/whats_G-BOOK_mX/technology/,

(2011/04/11 現在)

[7] 日産自動車(株), "カーウイングス" ,

<http://drive.nissan-carwings.com/WEB/index.htm>,

(2011/04/11 現在)

[8]TomTom, "TomTom, portable GPS car navigation systems", <http://www.tomtom.com/>,

(2011/04/11 現在)

[9] TomTom, "TomTom Traffic Stats, the portal for road traffic analysis",

http://www.tomtom.com/landing_pages/traffic_solutions/content/pdf/Traffic%20Stats%20info%20sheet.pdf,

(2011/04/11 現在)

[10] NAVTEQ, "Traffic patterns",

http://corporate.navteq.com/japanese/advanced_traffic.html, (2011/04/11 現在)