

平成24年度 卒業論文

邦文題目

**TLIFESにおける行動判定の実装と評価**

英文題目

**Implementation and Evaluation of the  
judgement in the action in TLIFES**

情報工学科 渡邊研究室

(学籍番号: 090430009)

石黒 彰大

提出日: 平成25年2月13日

名城大学理工学部



## 内容要旨

我々はスマートフォンの GPS や加速度センサを利用することにより，住民の生活を支援するシステム TLIFES ( Total LIFE Support system ) を提案している．TLIFES はライフログや見守りサービスの実装を目指しており，行動判定の実装は，システムを構成する上で欠かせない要素である．本稿では，行動判定に関するアルゴリズムを考案，Android アプリケーションとしてスマートフォンに実装し，得られた結果の評価を行ったので報告する．

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	既存技術	2
2.1	加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答性改善手法	2
2.2	携帯電話を用いたユーザ状態推定・共有方式	2
第3章	TLIFESにおける行動判定	3
3.1	TLIFESの構成	3
3.2	センサによる取得情報	4
3.3	行動情報の分類	4
3.4	行動判定におけるフローチャート	5
第4章	取得結果の評価方法	8
4.1	取得結果の正誤判定方法	8
4.2	正誤判定に用いたアプリケーション	8
第5章	取得結果の評価	10
5.1	評価方法	10
5.2	取得結果	10
5.3	認識率	11
5.4	考察	12
5.5	今後の改善策	12
第6章	まとめ	13
	謝辞	14
	参考文献	15
	研究業績	17

# 第1章 はじめに

Android や iPhone に代表されるスマートフォン (以下 SP) が普及したことにより、加速度センサや方位センサ、GPS、Wi-Fi、Bluetooth といった、様々な機能が搭載された端末が手軽に利用できるようになった。そのため、これらのセンサ情報を活用することにより、ユーザの状況に合わせたサービスの提供や、ライフログとして活用するサービスが登場している [1][2]。

我々は SP のセンサ類から収集したデータをインターネット上のサーバで蓄積、解析することにより、ユーザの状態を常に把握することができるシステム TLIFES (Total LIFE Support system) を提案している [3][4][5][6][7][8][9][10][11][12][13][14]。

TLIFES ではセンサから取得した加速度情報や位置情報を元にユーザの行動判定を行う。そして、システムが危険を検知した場合には、予め登録された人々にアラームメールを送信することにより、ユーザを常に見守るシステムの実現を目指している。

行動判定の既存技術には KDDI 研究所が行っている「移動状態推定に携帯電話を用いたユーザ状態推定・共有方式」などが存在する。各研究では認識率に特化したもの、判定可能な行動の種類が多岐にわたるものなど、各々に特徴がある。

しかし、データがサーバ上に蓄積され、いつでも行動判定結果の閲覧が可能である点や、システムに関わる人々が協力し合う点、行動判定において高い認識率を達成している点のすべてを網羅し、実現した研究は存在しない。

我々が提案する行動判定手法は SP の持つ各種センサを用いた手法である。今回使用したセンサは GPS、加速度センサであり、「歩行移動中」「放置中」「停滞中」「乗車中」の 4 状態を 90% を超える確率で認識した。

本稿では TLIFES における行動判定のアルゴリズムを考案、Android アプリケーションとして SP に実装し、得られた結果の評価、認識率の改善手法について検討を行ったので報告する。

以降、2 章では既存の行動判定に関する研究、3 章で TLIFES における行動判定、4 章では取得結果の評価方法について述べる。そして、5 章にて取得結果の評価を行い、6 章でまとめる。

## 第2章 既存技術

以下に行動判定に関わる既存技術について記述する。

### 2.1 加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答性改善手法

「加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答性改善手法」[15]は、NEC サービスプラットフォーム研究所による、加速度センサを用いた行動判定手法である。この研究では時間窓の長さを調節することにより、ノイズによる誤判定の防止と時間応答性の両立を行っている。結果「歩行から歩行」、「停止から歩行」、「歩行から停止」、「停止から停止」の行動変化において9割を超える高い正答率を実現している。

### 2.2 携帯電話を用いたユーザ状態推定・共有方式

KDDI 研究所が行っている「移動状態推定に携帯電話を用いたユーザ状態推定・共有方式」[16]は、加速度センサ、マイク、GPS を複合的に使用し行動判別を行うものである。このシステムでは加速度センサにより、走っている、歩いている、自転車、停止を判定し、マイク、GPS を用いて、自動車、バス、電車を判定。計7種類の状態を判定している。さらに各行動は8割以上の精度で行動推定が実現できている。

# 第3章 TLIFESにおける行動判定

## 3.1 TLIFESの構成

図3.1にTLIFESの概要を示す。TLIFESでは、SPの通信機能とセンサ機能を活用し、ユーザ同士が情報を共有できるシステムを実現する。センサ情報の取得には、SPに搭載されているGPSや加速度センサ、地磁気センサなどを用いる。SPは、これらの取得したセンサ情報をインターネット上の管理サーバに定期的に送信し、データベースに蓄積する。蓄積された情報は、許可されたメンバであれば家庭端末や携帯端末からいつでも閲覧できる。管理サーバでは、現在と過去のセンサ情報を比較することにより、ユーザの異常やその前兆がないかを判断する。異常が検出された場合には、予め登録されたメールアドレスに対し、管理サーバからアラームメールを配信する。これにより、緊急時においても迅速な対応が可能である。TLIFESは、ユーザ相互の見守りの他、ユーザ自身のライフログ、災害発生時の避難サポート、地域コミュニティの活性化などに寄与することを目指した統合生活支援システムである。

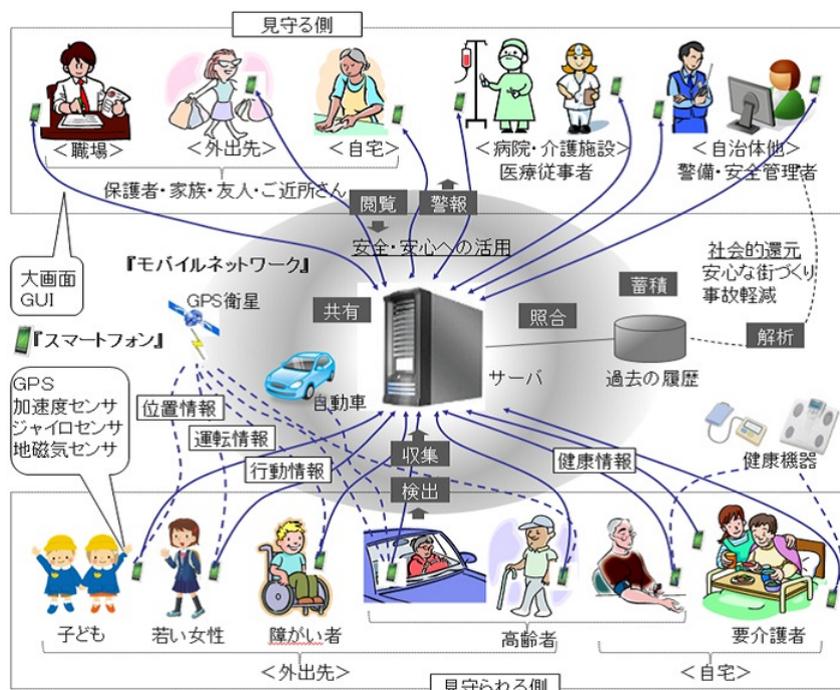


図 3.1 TLIFES 構成

## 3.2 センサによる取得情報

TLIFES では、SP に搭載されている GPS、加速度センサ、Wi-Fi を用い以下の情報を取得する。

### (1) GPS

緯度経度、移動速度、進行方向を取得する。緯度経度は、位置の履歴表示、通常の行動範囲の学習データ、行動判定における移動距離の算出に使用する。

### (2) 加速度センサ

3 軸の加速度を取得する。歩数カウント、ユーザが SP を所持しているかどうかの判定に使用する。

### (3) Wi-Fi

BSSID を取得する。停滞判定に利用し、消費電力の削減に貢献する。

BSSID とは BSS の ID であり、通常 BSSID はアクセスポイント (以下 AP) の MAC アドレスと同一となる。BSS とは、無線 LAN のインフラストラクチャモードにおいて、1 つの AP とその AP の電波内にいる配下の無線 LAN クライアントで構成されるネットワークを指す。  
[17]

## 3.3 行動情報の分類

各行動情報の定義を以下に示す。

### (1) 歩行移動中

徒歩で目的地に向かって移動している場合を「歩行移動中」と判定する。判定には歩数カウント、位置情報を用いる。

### (2) 放置中

机の上などに SP が置かれ、定期送信間にユーザが一度も触れていない状態を「放置中」と判定する。判定には加速度センサを用いる。

### (3) 停滞中

前回の位置情報と比較して一定範囲内に存在している場合を「停滞中」と判定する。判定には歩数カウント、位置情報を用いる。

### (4) 乗車中

自動車や電車に乗車している場合に「乗車中」と判定する。判定には歩数カウント、位置情報を用いる。

以上が現在、TLIFES において定義されている行動情報である。以上の 4 状態を判定可能とすることで、ライフログとして「いつ、何をしていたか」を知ることができ、見守りシステムとしては、普段の行動と比較し、異常な行動が見受けられないか判断することができると考えている。

### 3.4 行動判定におけるフローチャート



図 3.2 行動判定のフローチャート

行動判定における処理手順を図 3.2 に示す．また、その詳細を以下に示す．

#### 3.4.1 ユーザの SP 保持判定

加速度センサを用いて、ユーザが SP を保持しているのかどうかの判定を行う．2 分間隔で行われる定期実行間に加速度センサより得られる値の 3 軸合成値が閾値を超えなかった場合、「放置中」と判定する．なお「放置中」と判定された場合には前回と同じ位置に存在すると考えられるため、位置情報の取得、更新は行われない．加速度センサが閾値を超えた場合には 3.4.2 の処理に移行する．

### 3.4.2 BSSID による移動・停滞判定

Wi-Fi を用いて周囲の状況を把握し、ユーザの停滞・移動判定を行う。Wi-Fi を用いて周囲の BSSID を検索し、前回習得した BSSID と一致する BSSID が存在した場合、Wi-Fi の電波到達範囲が 100m 以内であることから、ユーザが大きく移動してないと考えられるために「停滞中」と判定する。前回習得した BSSID と一致するものが存在しなかった場合には GPS を起動し、3.4.3 の処理に移行する。なお、図 3.3 は本処理のイメージ図である。

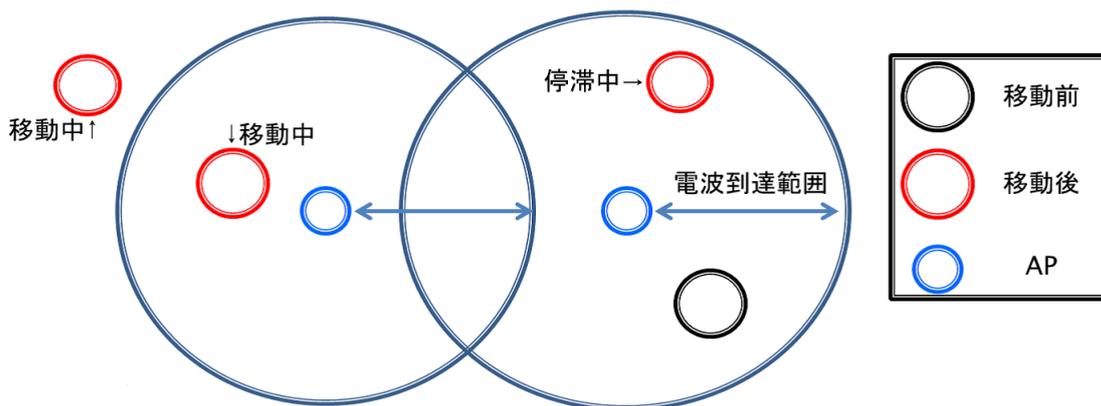


図 3.3 BSSID による移動・停滞判定

### 3.4.3 GPS を用いた屋外・屋内判定

GPS を用いてユーザが屋外・屋内のどちらに存在しているかの判定を行う。屋内に存在している場合、捕捉可能な GPS 衛星数が減少し、電波強度が弱体化してしまう事が分かっている。よって GPS を用いて位置情報を取得した際、GPS 衛星の電波が届かずに GPS 位置測位が失敗、または大きな誤差を含んだ位置情報を取得する可能性がある。以上から GPS を起動してから一定時間後の GPS 捕捉衛星数、信号対雑音比 (SNR) を参照し、双方の値が一定値未満だった場合には屋内に存在していると判定し、「停滞中」と判定する。GPS 捕捉衛星数、SNR が一定値以上だった場合には、位置情報の取得、GPS を終了して 3.4.4 の処理を行う。

#### 3.4.4 GPS 位置情報による移動・停滞判定

3.4.3 の処理において得られた GPS の位置情報を用いて判定を行う。まず GPS の情報取得に成功し、歩数カウントが一定値以上だった場合には「歩行移動中」と判定する。歩数カウントが一定値以下であり、位置情報から算出した距離が一定値以上だった場合には「乗車中」と判定される。また「歩行移動中」「乗車中」と判定されなかった場合には「停滞中」と判定される。

## 第4章 取得結果の評価方法

### 4.1 取得結果の正誤判定方法

行動判定結果の正誤は，別途実際の行動を記録するアプリケーションを用意し，記録を行う．行動判定期間中は行動が変化する度にユーザが行動を選択する．

### 4.2 正誤判定に用いたアプリケーション

正誤判定に用いたアプリケーションは今回作成したプログラムはボタンで状態を選択，日時と状態のファイル書き込みを行うものである．ファイル書き込みは Excel ファイルに行い，ローカルで保存する．状態は放置中，停滞中，歩行中，乗車中の4状態である．以下，図 4.1，図 4.2 に作成したアプリケーションのインターフェイス，データの取得例を示す．



図 4.1 正誤判定用プログラム 1

L19		f <sub>x</sub>				
	A	B	C	D	E	F
1	月	日	時	分	秒	状態
2	10	8	11	38	12	1
3	10	8	11	38	12	2
4	10	8	11	38	13	3
5	10	8	11	38	13	4
6						
7						

図 4.2 正誤判定用プログラム 2

なお，図 4.2 において，状態が「1」のとき「放置中」，「2」のとき「停滞中」，「3」のとき「歩行中」，「4」のとき「乗車中」を表している．

## 第5章 取得結果の評価

### 5.1 評価方法

数日間に渡ってデータを取得し評価を行った。データの取得条件は以下の通りである。

測定日時：12月25日12時51分39秒～12月25日23時58分49秒

12月28日0時26分49秒～12月30日23時59分29秒

測定機器：SAMSUNG GALAXY S2

使用したアプリケーションは図3.2のフローチャートを実装したものであり、所持位置は「放置中」である場合と使用している場合以外はズボンの右前ポケットである。

### 5.2 取得結果

取得した結果、結果から導き出された値を以下に示す。

表 5.1 行動判定結果数

判定結果 \ 実際の行動	歩行移動中	放置中	停滞中	乗車中
歩行移動中	33	0	21	3
放置中	0	1548	64	36
停滞中	0	0	296	3
乗車中	1	0	13	140

表 5.2 各行動内における判定結果の割合 (%)

判定結果 \ 実際の行動	歩行移動中	放置中	停滞中	乗車中
歩行移動中	57.895	0.000	36.842	5.263
放置中	0.000	93.932	3.883	2.184
停滞中	0.000	0.000	98.997	1.003
乗車中	0.649	0.000	8.442	90.909

表 5.3 行動判定全体に対する各判定の割合 (%)

判定結果 \ 実際の行動	歩行移動中	放置中	停滞中	乗車中
歩行移動中	1.529	0.000	0.973	0.139
放置中	0.000	71.733	2.966	1.668
停滞中	0.000	0.000	13.716	0.139
乗車中	0.046	0.000	0.602	6.487

表 5.1 は実際の行動に対して、アプリケーション側の行動判定結果がどのようになったのかを示してある。表 5.2 は全体の行動判定結果数に対する、各判定結果数の割合が示してある。表 5.3 は全体における各判定の占める割合を示してある。

### 5.3 認識率

上記の表 5.1 から算出した結果、各行動が正しく認識されている場合が 93.466%、誤って認識されている場合が 6.533%であった。

## 5.4 考察

表 5.1 より、判定結果に対する実際の行動から、「放置中」「停滞中」「乗車中」は高い認識率を達成できていると考えられ、「歩行移動中」は他の判定に比べ認識率が低くなっているであろうと考えられる。上記の推察における正否は表 5.2 より確認可能である。「放置中」「停滞中」「乗車中」が 90% を超える高い認識率を得ているのに対し、「歩行移動中」の認識率は 57% 程度に留まっている。

「放置中」が高い認識率を達成できている理由として、判定に用いる閾値が妥当であるためだと考えられる。

「乗車中」における高い認識率の理由としては、移動距離の算出方法、乗車判定に用いる閾値の設定が妥当であり、また、移動手段が自動車、電車(地下鉄を除く)、自転車のどの乗り物であっても判定可能という汎用性が実現できているためだと考えられる。

「歩行移動中」の認識率が 57% 程度に留まっている理由として、「停滞判定の検討不足」「屋内にて GPS による位置測位が成功した場合の対処」が挙げられる。「屋内にて GPS による位置測位が成功した場合の対処」は屋内にて一定数以上歩行し、GPS によって位置情報が取得できてしまった際、3.4.4 の処理が実行され、「歩行移動中」と判定されてしまうためである。「停滞判定の検討不足」は、Wi-Fi の BSSID が取得不可能な環境下において、一定範囲内にて一定数以上歩行した場合に「歩行移動中」と判定されてしまうことが原因である。

以上から今後は「停滞中」に関する判定方法に改善の必要性が見受けられる。

最後に今回高い達成率を達成できた大きな理由として、表 5.3 で示されている通り、「放置中」の実行動と判定割合が大きいためである。「放置中」を除外して正しい認識率を算出した場合、76.8852% となり、「放置中」を含めた場合より 20% 近くも低下してしまうため、今後の改善が必要である。

## 5.5 今後の改善策

上記 5.4 から、「停滞中」に関する判定方法の改善が必要だと考えられる。「停滞判定の検討不足」「屋内にて GPS による位置測位が成功した場合の対処」の双方ともに、移動距離の算出を行い、閾値による判定を行うことで対処が可能である。

上記の処理を行うタイミングとしては、3.4.4 の処理を行う直前が妥当ではないかと考えられる。なぜなら、5.4 にて記述した「歩行移動中」の認識率が 57% 程度に留まっている理由が、3.4.4 内の処理に関する検討が不十分であったためである。

## 第6章 まとめ

本稿では、ライフログ、見守りシステムとしての実装を目指す TLIFES における行動判定手法を提示し、さらに得られた結果の提示と考察を行った。データの取得にはスマートフォンに内蔵された GPS、加速度センサを用い、得られた結果は、90%の高い認識率を達成できた。しかし、高い達成率は「放置中」の占める割合が多いためであり、さらに「停滞中」における判定手法に一部検討不足が見受けられた。今後は「放置中」に依存しない高い認識率の実現と、「停滞中」の判定精度を向上させ、「歩行移動中」の認識率を高めていく。さらに、TLIFES における行動判定の重要部分である「転倒・衝突」に関するデータ収集、判定手法の検討も並行して行っていく。

# 謝辞

本研究に関して、研究の方向性や進め方など終始にわたり御指導、御助言を賜りました指導教官の渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、常日頃からの御意見、御助言を承りました、加藤大智氏には深謝致します。

最後に、本研究を行うにあたり、御助言を頂きました多くの方々に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] i コンシェル:NTT ドコモ (online) available from <http://www.nttdocomo.co.jp/service/customize/iconcier/> (accessed 2013-02-06).
- [2] リアルワールドの行動プロファイリング技術：NTT サービスイノベーション総合研究所, available from [http://www.waza.jp/index.php?a=report\\_detail&id=32&groupId=1\\_5&searchTab=](http://www.waza.jp/index.php?a=report_detail&id=32&groupId=1_5&searchTab=) (accessed 2013-02-06).
- [3] 大野雄基, 土井善貴, 手嶋一訓, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 旭 健作, 山本修身, 渡邊 晃：弱者を遠隔地から見守るシステム TLIFES の提案と実装, コンシューマ・デバイス&システム研究報告, Vol. 2012-CDS-3, No. 2, pp. 1-8 (2012).
- [4] 大野 雄基, 土井 善貴, 手嶋 一訓, 加藤 大智, 山岸 弘幸, 鈴木 秀和, 山本 修身, 渡邊 晃：高齢者の徘徊を検出する見守りシステムの提案, 電気関係学会東海支部連合大会, Sep.2011 .
- [5] Kato, D., Yamagishi, H., Suzuki, H., Konaka, E. and Watanabe, A.: Proposal of a Remote Watching System Utilizing a Smartphone and Sensors, IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies(ISCIT2011), pp. 36.41 (2011).
- [6] 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 小中英嗣, 渡邊晃：スマートフォンとセンサを活用したリモート見守りシステムの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム論文集, Vol.2011, No.1, pp.691-696, Jul.2011 .
- [7] 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 渡邊晃：高齢者を見守るリモート監視システムの提案と実装, 情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集, pp.22, Mar.2011 .
- [8] 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 渡邊晃：高齢者を見守るリモート監視システムの提案, 平成 22 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Aug.2010 .
- [9] Yamagishi, H., Kato, D., Teshima, K., Suzuki, H., Yamamoto, O. and Watanabe, A. : Proposal and Implementation of a System to Remotely Watch the Health Conditions of Elderly Persons, IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies(ISCIT2011), pp. 42-47 (2011).
- [10] Yamagishi, H., Kato, D., Suzuki, H., and Watanabe, A.: Study of a Remote Monitoring System for Senior Drivers, Proceedings of the IEEE International Region 10 Conference 2010 (TENCON2010), T7-2.2, pp.1042-1047, Nov.2010 .
- [11] 山岸 弘幸, 加藤 大智, 手嶋 一訓, 鈴木 秀和, 山本 修身, 渡邊 晃：高齢者を遠隔地から見守るシステムの提案と実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム論文集, Vol.2011, No.1, pp.684-690, Jul.2011 .

- [12] TLIFES を利用した徘徊行動検出手法の提案とその実現: 山岸弘幸 available from <http://www.wata-lab.meijo-u.ac.jp/member/profile.php?id=55&graduate=M> (accessed 2013-02-06).
- [13] 土井善貴, 大野雄基, 加藤大智, 山岸弘幸, 手島一訓, 鈴木秀和, 山本修身, 渡邊晃: スマートフォンを利用した弱者見守りシステム TLIFES の提案, available from [http://www.wata-lab.meijo-u.ac.jp/file/convention/2011/201203 DC Yositaka\\_DoI.pdf](http://www.wata-lab.meijo-u.ac.jp/file/convention/2011/201203 DC Yositaka_DoI.pdf) (accessed 2013-02-06).
- [14] 土井善貴, 大野雄基, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 小中英嗣, 渡邊晃: スマートフォンを利用した弱者見守りシステムの提案, available from [http://http://www.wata-lab.meijo-u.ac.jp/file/convention/2011/201109-Tokai-Yositaka\\_DoI.pdf](http://http://www.wata-lab.meijo-u.ac.jp/file/convention/2011/201109-Tokai-Yositaka_DoI.pdf) (accessed 2013-02-06).
- [15] 小林亜令, 岩本健嗣, 西山智: 加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答性改善手法, 電子情報通信学会技術研究報告. MoMuC, モバイルマルチメディア通信 108(44), 115-120, 2008-05-15
- [16] 千葉雄樹, 小西勇介, 中尾敏康: 携帯電話を用いたユーザ状態推定・共有方式, 全国大会講演論文集 第 71 回平成 21 年 (3), ”3-61”-”3-62”, 2009-03-10
- [17] Cool: Wireless LAN - BSSID& ESSID available from <http://www.infraexpert.com/study/wireless5.html> (accessed 2013-02-06).

# 研究業績

## 学術論文

なし

## 研究会・大会等

1. 石黒彰大, 加藤大智, 渡邊晃, “TLIFES におけるスマートフォン側の処理の検討”, 平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2011 .