

平成24年度 卒業論文

邦文題目

TLIFESにおけるスマートフォンの  
消費電力低減の検討

英文題目

**Study of the Processing in a Smartphone  
in TLIFES**

情報工学科 渡邊研究室

(学籍番号: 090425142)

竹腰 昇太

提出日: 平成 25 年 2 月 13 日

名城大学理工学部



## 内容要旨

近年では、携帯性、機動性、手軽さが強みであるスマートフォンが急速に普及している。年を増すごとに性能も向上し、加速度センサ、GPS、Wi-Fi など様々な機能が搭載された端末が利用できるようになった。そこで、我々はスマートフォンとモバイルネットワーク環境を利用した統合生活支援システム TLIFES(Total LIFE Support system) を提案している。しかし、スマートフォンに TLIFES を導入すると消費電力が多くなるという課題があった。そこで本稿では、さまざまな条件のもとスマートフォンの消費電力を測定した。特に、GPS の消費電力が多いことが分かった。解決策として、捕捉衛星数を利用した GPS 制御を提案したので報告する。

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	TLIFES の概要	2
第3章	消費電力の測定方法	3
3.1	実験機材	3
3.2	測定方法	4
第4章	消費電力の結果	5
4.1	基礎消費電流	5
4.2	画面の消費電流	5
4.3	CPU の消費電流	6
4.4	センサの消費電流	7
4.5	Wi-Fi の消費電流	8
4.6	GPS の消費電流	8
第5章	捕捉衛星数を用いた GPS 制御の提案	11
5.1	捕捉衛星数の変化	11
5.2	補足衛星数を用いた GPS 制御プログラム	13
5.3	提案プログラムの評価	13
第6章	まとめ	15
	謝辞	16
	参考文献	17
	研究業績	19

# 第1章 はじめに

国内スマートフォンの普及率は2011年に6%だったのに対して2012年には20%と3倍以上に増え、今後さらなる増加が予想される [1]。また、加速度センサやジャイロセンサ、GPS、Wi-Fi、Bluetoothといった、様々な機能が標準で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 [2]。

我々はスマートフォン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]。しかし、TLIFESでは多くの機能を使用するため、消費電流が多く、頻繁に充電する必要がある。外出中に電池が切れてしまった場合は、ユーザの状態が把握できなくなり、万が一のときに対応できない可能性がある。そのため、スマートフォンにおける消費電力の低減は重要な課題である。

スマートフォンは、従来の携帯電話に比べ、高性能なCPUや大容量のメモリを搭載しており、大きな電力を必要とする。また、画面を見ているだけでも、バックライトの電力が消費される。さらに、GPS、3GやWi-Fiなどのさまざまなセンサは待機状態でも常に電波を送受信し、バッテリーを消費し続ける。特にGPSは電力消費が多い機能である。GPSの消費電力削減に関する既存技術には、加速度センサを利用することで、常時ユーザのおかれた状況を把握しGPSの起動回数を減らす手法が提案されている [15]。しかし、位置測位が開始されてからの消費電力については考慮されていない。そこで、本稿では捕捉衛星数を利用してGPSの起動時間を減らし消費電力の削減を行った。以降、2章ではTLIFESの概要、3章で消費電力の測定方法について述べる。4章では測定した結果。そして、5章で補足衛星数を用いたGPS制御の提案・評価を行い、6章でまとめる。

## 第2章 TLIFESの概要

図 2.1 に TLIFES の構成を示す。TLIFES では、スマートフォン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、スマートフォンに搭載されている GPS や加速度センサ、地磁気センサなどを用いる。スマートフォンは、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を送信し、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。

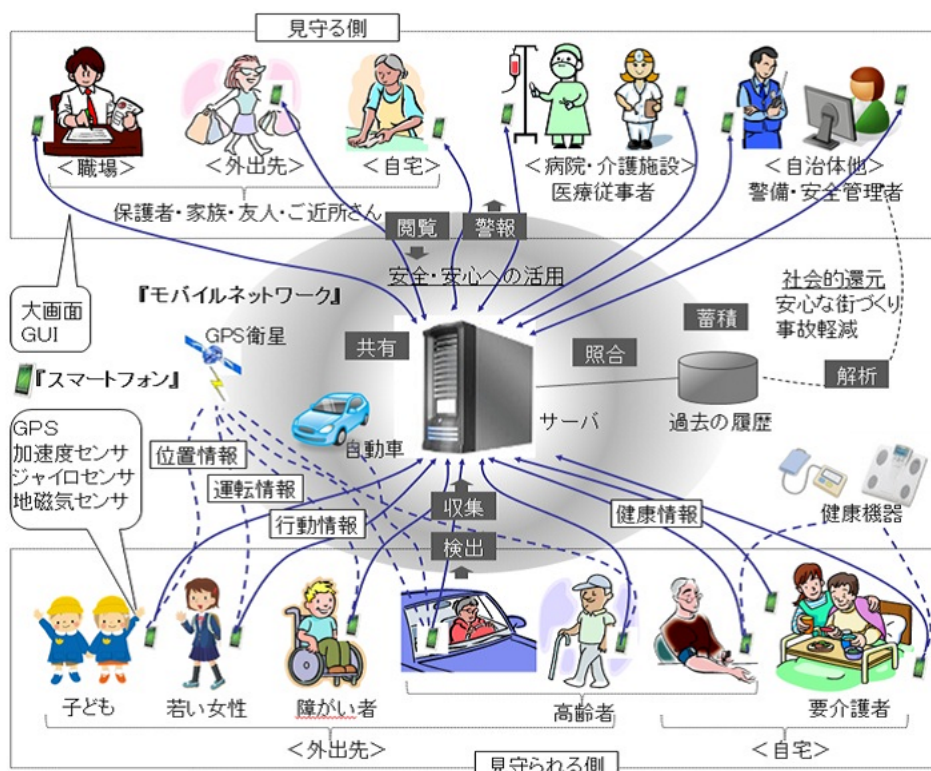


図 2.1 TLIFES の構成

# 第3章 消費電力の測定方法

## 3.1 実験機材

Android 端末の消費電力を測定するために使用した実験機材を表 3.1 に示す。また、実験機材の外観及び回路図を図 3.1 から図 3.5 に示す。

表 3.1 使用した実験機材

名称	メーカー	型番
スマートフォン	Samsung	Nexus S(I9023)
直流安定化電源	エー・アンド・デイ	AD-8735D
波形測定記録装置	日置電気	HIOKI 8870
取り付け治具	自作	Nexus S 専用



図 3.1 直流安定化電源



図 3.2 波形測定記録装置

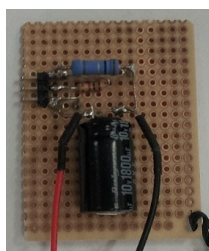


図 3.3 取り付け治具

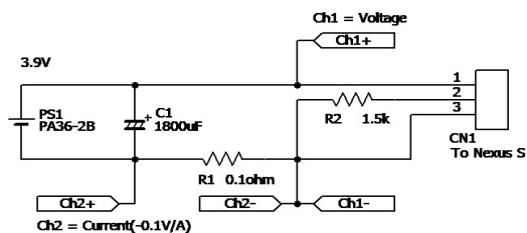


図 3.4 取り付け治具の回路図

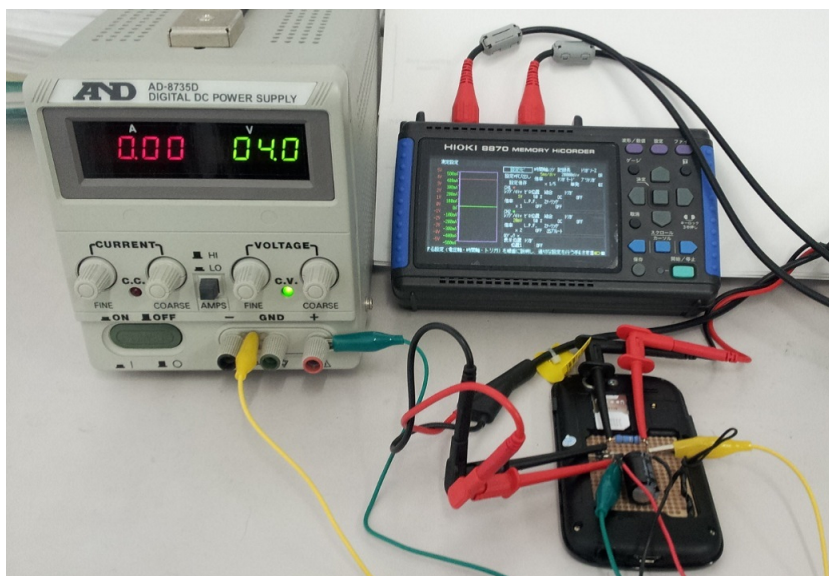


図 3.5 実験機材 (接続図)

スマートフォンへの電力供給には図 3.1 の直流安定化電源を用いる。直流安定化電源の出力電圧は 4.0V とした。これは、バッテリーの定格出力電圧が 3.7V で末端までの電圧降下を考慮して 4.0V とした。測定結果の保存には図 3.2 の波形測定記録装置を用いた。また、Nexus S のバッテリー接続端子と直流安定化電源・波形測定記録装置を接続するために図 3.3 の治具を旭研究室の協力の下に作成した。図 3.4 に取り付け治具の回路図、図 3.5 に実験機材を接続したときの図を示す。

## 3.2 測定方法

以下の手順により消費電流を測定する。

1. 直流安定化電源の出力電圧を設定、確認する。
2. 治具を取り付け、電源・測定器への配線を行う。
3. 波形測定記録装置の設定により記録する時間を決める。
4. 直流安定化電源の出力スイッチを ON にする。
5. スマートフォンの電源を入れ、測定したい状態にする。
6. 波形測定記録装置の「開始/停止」ボタンを押し、測定を開始する。



## 第4章 消費電力の結果

スマートフォンの消費電力は  $P=VI$  で表される。このとき、 $V$  は電圧、 $I$  は電流である。よって、電流  $I$  の違いが電力の違いとなる。第4章では、さまざまな条件において測定した電流の消費量を示す。

### 4.1 基礎消費電流

各消費電流の算出に用いる基礎消費電流を測定した。動いているアプリケーションを可能な限り停止させて、画面を消灯しCPUのバックグラウンド処理のみが行われている場合の消費電流は4.087mAであった。センサ類を使用しないでも常に4mA程度の電流が流れていることが分かった。

### 4.2 画面の消費電流

画面の明度の違いによる消費電流を測定した。Nexus Sでは、画面が最も暗いとき明度の値は10であり、最も明るいときの値は255となる。明度を10から255まで6通りに分けて測定した結果を図4.1に示す。

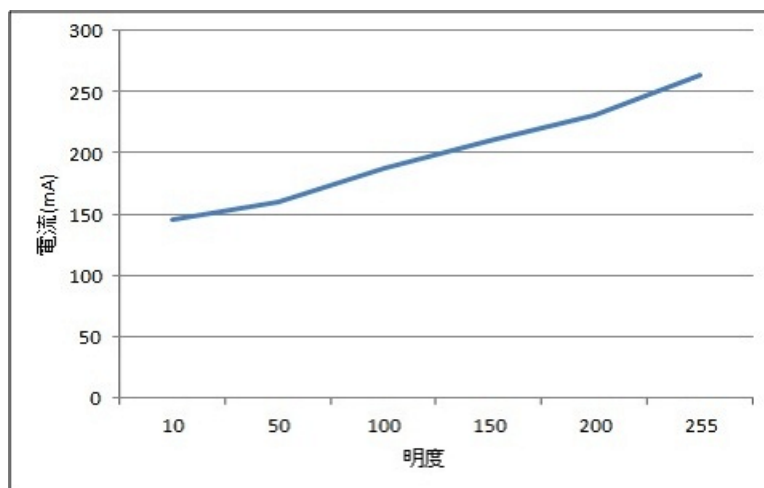


図 4.1 明度の違いによる消費電流

画面を点灯させたとき、明度が 10 から 50 増えるごとに約 30mA の消費電流が増加した。明度が 255 のときの稼働時間を「バッテリー容量 (mAh) ÷ 消費電流 (mA)」の計算から求めると 5 時間 36 分となり、他のセンサ類と比べても画面の消費電流はバッテリー持ちに大きな影響を与える。

## 4.3 CPU の消費電流

TLIFES で使用されている歩数計プログラムを用いて、CPU で処理される消費電流及び処理時間を測定した。

### 4.3.1 歩数計プログラムの動作

加速度センサから X 軸、Y 軸、Z 軸の加速度を取得して、3 軸加速度の合成値を求める。次にバターワース型バンドパスフィルタを用いて歩行時に発生する周波数に近い周波数成分を抜き出す。フィルタの周波数帯域は 1.25[Hz] ~ 2.5[Hz] とする。これにより得られた値に所定の閾値を設定し、その閾値を上下したとき歩数としてカウントする。この処理が 40m 秒に 1 回実行される。

### 4.3.2 測定結果

歩数計の「合成+フィルタ処理+歩数カウント」処理を 10 万回連続して動作させたときの消費電流と処理時間を測定した。処理中の消費電流は 5.08mA となった。処理時間は 9.711 秒で、1 回の処理時間は 97.11  $\mu$  秒となった。歩数計が動作したことによる電流増加は、わずか 0.993mA であり、処理時間も極めて少ないことが分かった。

## 4.4 センサの消費電流

センサの値を指定間隔で単純に読みに行くだけのプログラムを作成し、加速度センサ、地磁気センサ、ジャイロセンサが動作した時の消費電流を測定した。センサの取得間隔には4種類を選択することができる。一般的に取得時間は、NORMAL(200ms)、UI(60ms)、GAME(20ms)、FASTEST(数ms)とされているが、Nexus Sで測定したところNORMAL(164.7ms)、UI(20.9ms)、GAME(20.9ms)、FASTEST(20.7ms)であった。

表 4.1 センサの消費電流

	NORMAL	UI	GAME	FASTEST
加速度センサ	4.16mA	4.24mA	4.29mA	5.12mA
地磁気センサ	4.15mA	4.5mA	4.56mA	4.87mA
ジャイロセンサ	108.7mA	109.34mA	109.8mA	166.28mA

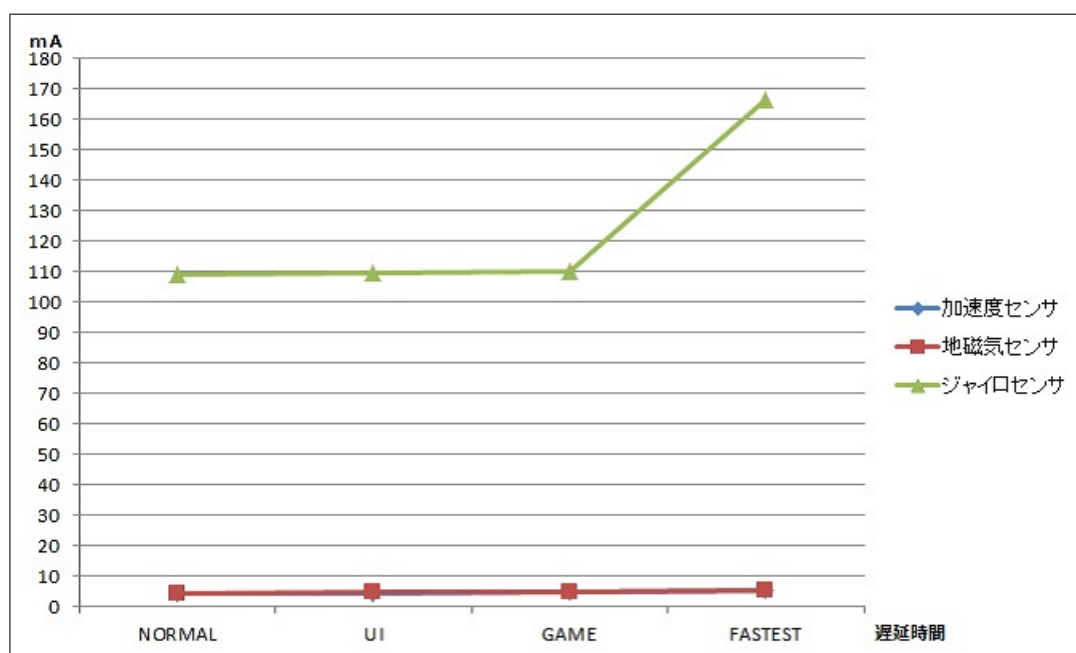


図 4.2 センサの消費電流

加速度センサ、地磁気センサを動作させたことによる電流増加は約 0.07mA で消費電流は少ないことが分かった。それに対して、ジャイロセンサは常時 100mA 以上の電流を消費するため、行動判定のために常に使用するのには適さないことが分かった。

## 4.5 Wi-Fiの消費電流

Wi-Fi を ON にし、周辺にアクセスポイントがない場合とある場合の消費電流を比較した。アクセスポイントがないと、15 秒間隔でアクセスポイントを探索するスキャン動作が行われる。アクセスポイントを検出すると、そのアクセスポイントと接続し、待機状態となる。

表 4.2 Wi-Fi の消費電流

測定内容	消費電流 (mA)
Wi-Fi OFF	4.087
Wi-Fi ON 未接続状態	4.599
Wi-Fi ON 待機状態	5.975

Wi-Fi を ON にすると、それだけで 0.5mA ほど増加した。待機状態に入っても 2mA 程度の増加で、待機時の消費電流はそれほど多くないことが分かった。ただし、常時流れる状態であり、長時間の運用では問題が出る可能性がある。Wi-Fi 未接続時に行うスキャン動作における消費電流の変化は、測定グラフからは確認できず、消費電流は少ないと判断できる。

## 4.6 GPS の消費電流

### 4.6.1 GPS の待機電流

GPS を ON にして、いつでも GPS を起動できる状態にしたときの消費電流を測定した。

表 4.3 GPS の消費電流

測定内容	消費電流 (mA)
GPS OFF	4.087
GPS ON	4.576

GPS を単に ON 状態にすると、消費電流は 0.5mA ほど増加した。Wi-Fi と同様に、単にオンにただけでは消費電流は少ないことが確認できた。

### 4.6.2 常に GPS を起動し続けた場合の消費電流

Android アプリを使用して、常に GPS を起動し位置情報を取得させたときの消費電流を測定した。研究室内 (GPS 電波の届かない場所) で測定した場合の波形を図 4.3 に示す。

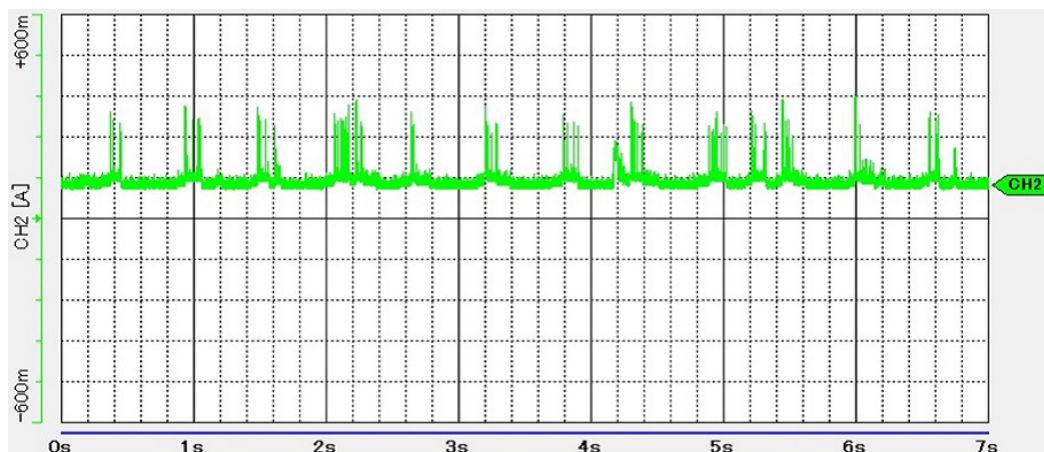


図 4.3 GPS の消費電流 (連続起動)

平均電流は 108.81mA、稼働時間で計算すると 13 時間 47 分となり、半日しかバッテリーが持続しない。GPS を常に起動させておくことはバッテリー寿命に大きな影響を与えることがわかる。また、2 号館前中庭 (GPS 電波の届く場所) で測定した場合も波形及び電流の値は同様となった。よって、GPS を起動し続けた場合は、位置測位の可否による影響はないと言える。

#### 4.6.3 GPS をオン・オフ制御したときの消費電流

TLIFES では、ユーザの状況をより正確に把握するために、常にセンシングを行いデータ取得を行う必要がある。しかし、常に GPS を起動すると消費電力が大きくなるため、位置情報が必要になったときのみ、GPS をオンにすることで起動時間を減らす。

GPS にオン・オフ制御をかけて消費電流を測定した。GPS の最大起動時間は 1 分とし、起動間隔は 2 分として動作させた。位置情報が取得できた場合はその後直ちに GPS をオフにする。GPS を起動して 1 分経過しても位置情報を取得できていなかった場合は、その時点で GPS を強制的に終了させる。測定場所は研究室内と 2 号館前中庭で行った。結果を図 4.4、4.5 に示す。

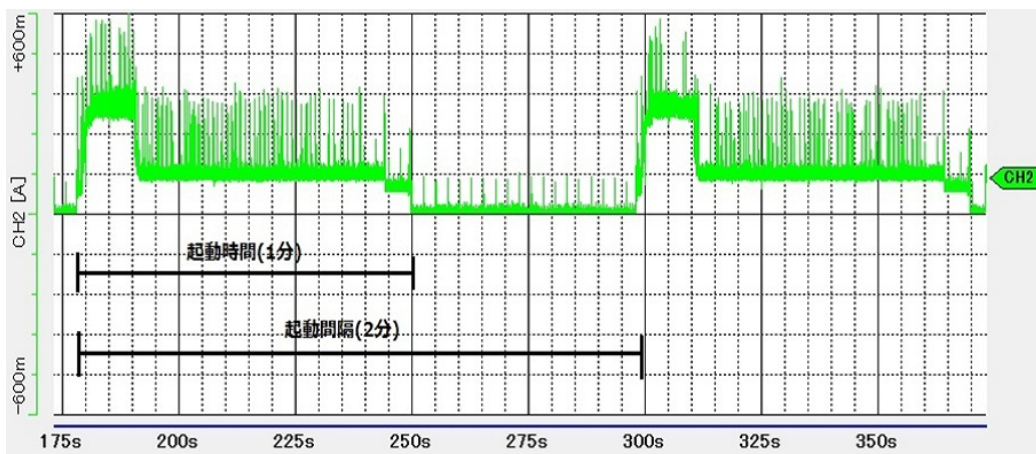


図 4.4 GPS の消費電流 (研究室内)

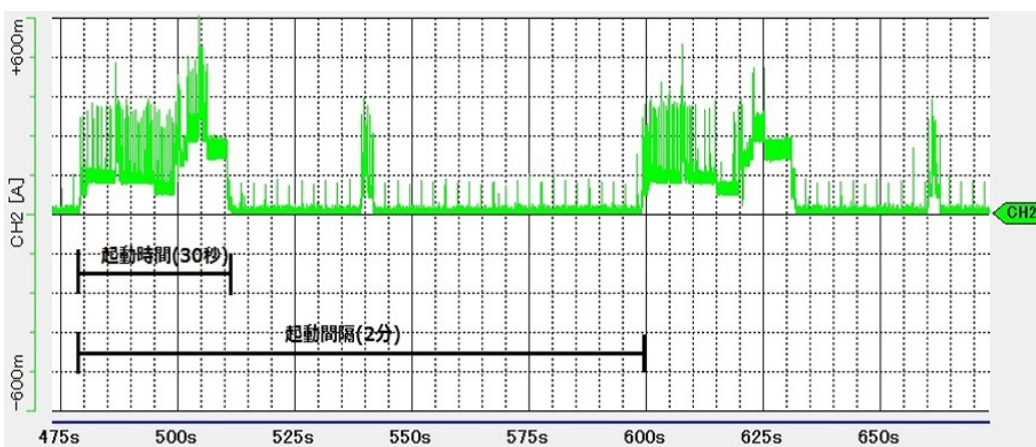


図 4.5 GPS の消費電流 (2号館前中庭)

研究室内では位置測位ができないために GPS の起動時間は最大の 1 分となった。それに対して 2 号館前中庭では、30 秒後に位置測定が完了して GPS を終了した。稼働時間で計算すると、研究室内で 17 時間 34 分、2 号館前中庭で 34 時間 2 分となり、GPS の起動時間が 30 秒違うだけでも 17 時間の差が生じる。

## 第5章 捕捉衛星数を用いたGPS制御の提案

### 5.1 捕捉衛星数の変化

GPSを利用して位置測位を行うためには、最低でも3機の衛星を捕捉する必要がある。Android端末では位置情報だけでなく捕捉している衛星の数も確認できる。そのため、捕捉衛星数を利用することで早い段階での位置測位の可否を判断し、GPSの起動時間を削減できないか検討した。

GPSの起動と同時に衛星数を1秒間隔でカウントするプログラムを作成して測定に使用した。測定にはSIMカードあり・なしの条件で、大学内・大学周辺の6か所を選択して測定した。測定回数は場所ごとに3回行い、その平均を結果として示す。SIMカードありでは、A-GPSが機能するため、衛星からではなく周囲の基地局から衛星の軌道情報が取得でき、屋内でもある程度の位置測位ができる。位置情報の可否を表5.1に、測定場所ごとの衛星数の変化を図5.1、5.2に示す。図5.1、5.2中の赤い矢印は最初に位置測位を完了した時刻を示している。なお、A-GPSとは、携帯電話ネットワークのデータ通信機能を補助的に用いるGPSである。携帯通信網を利用して衛星の軌道情報を取得するため、測位時間の短縮や室内の窓際などでの測位が可能となる。A-GPSがないと、初回起動時にGPS初期データ取得に最悪12分を要するが、A-GPSがあると、初回時でもこれを数秒から30秒以内に短縮できる。

表 5.1 位置情報取得の可否

測定場所	SIMカードなし	SIMカードあり
地下鉄	×	×
12号館入口	×	×
研究室	×	
2号館前中庭		
2号館入口外		
2号館入口中	×	×

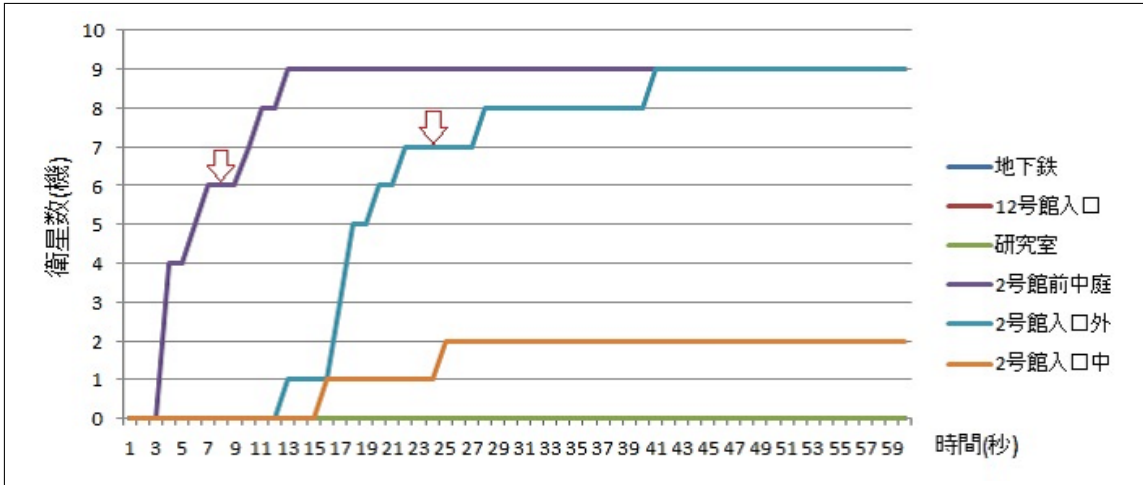


図 5.1 捕捉衛星数の変化 (SIM なし)

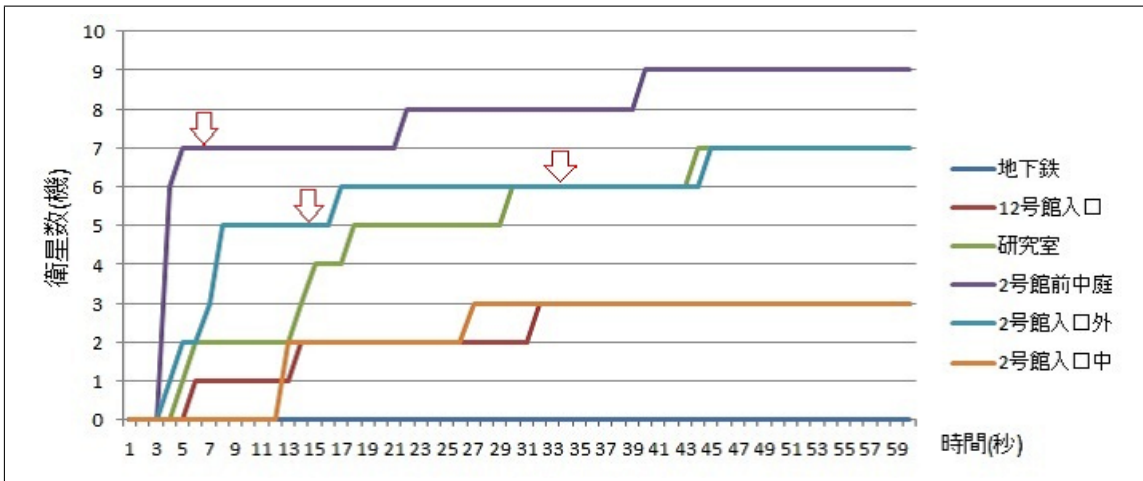


図 5.2 捕捉衛星数の変化 (SIM あり)

表 5.1 より SIM カードなしでは 2 か所、SIM カードありでは 3 か所で位置情報の取得ができた。また、SIM カードありの方が早い段階で衛星数を補足して位置測位を完了した。これは SIM カードを使用したことで A-GPS が働き、近くの基地局から軌道情報を取得したことで、GPS より早く情報を得られたからである。



## 5.2 補足衛星数を用いた GPS 制御プログラム

捕捉衛星数を利用した GPS の起動時間の削減プログラムとして下図のようなフローチャートを提案する。5.1 節の測定結果から変数を決めるならば、10 秒後に捕捉衛星数を取得して、その時に衛星が 4 機以上あるかどうか判定を行うと良いのではないかと考えている。



図 5.3 補足衛星数を利用した GPS の起動時間削減プログラム

## 5.3 提案プログラムの評価

### 5.3.1 測定条件

GPS を利用して位置測位ができない室内に Galaxy Nexus2 台を 5 時間放置した。その時のバッテリー残量の変化を図 5.4 に示す。1 台の端末には GPS を 2 分間隔で起動し、位置測位が完了した場合は GPS を即座に終了させる従来の TLIFES を導入した。もう 1 台には、5.2 節で提案した機能を追加した。測定日時は 1 月 10 日 15 時 50 分から 1 月 10 日 20 時 50 分である。

### 5.3.2 測定結果

バッテリー残量と経過時間の関係を図 5.4 に示す。

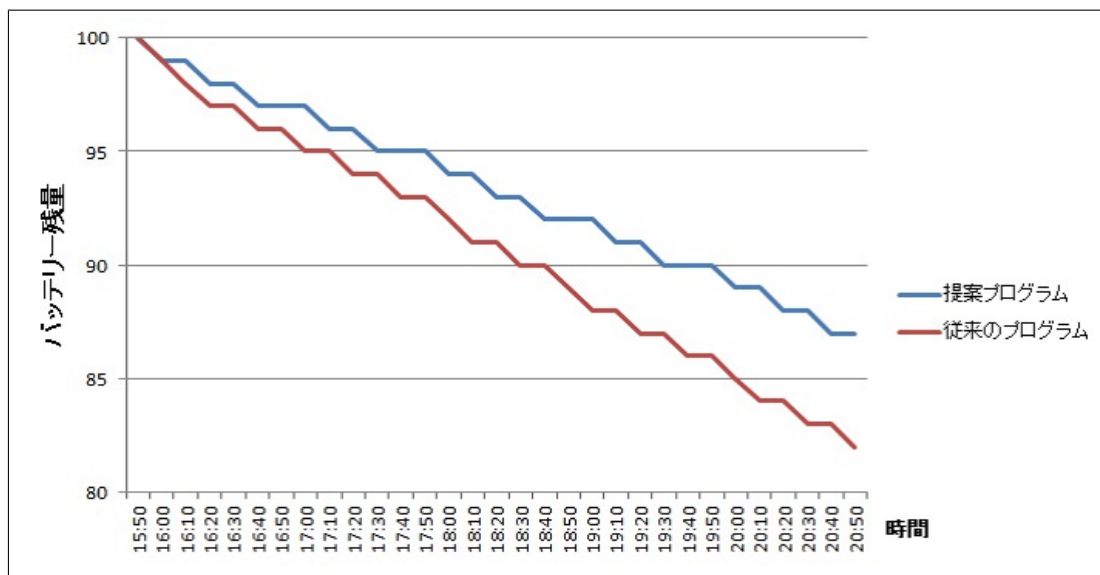


図 5.4 補足衛星数を利用したプログラムの評価

提案プログラムでは、バッテリー残量が5時間で13%の減少となった。一方、従来のプログラムでは、5時間で18%の減少であった。この結果より、スマートフォンの稼働時間は、提案プログラムで38時間28分、従来のプログラムで27時間47分と予想ができる。提案プログラムでは、GPSを起動して10秒後に捕捉衛星数を確認する。測定場所が位置測位のできない室内であるため、衛星の数は3機以下となり位置測位を終了させる。そのため、従来のプログラムよりGPSの起動時間が短縮された。その結果、稼働時間を11時間延長できた。

## 第6章 まとめ

本稿では、TLIFES をスマートフォンに導入することで問題となっていた消費電力について、測定を行い結果の提示と考察を行った。測定内容は、基礎消費電流、画面、CPU、センサ、Wi-Fi、GPS であり、特にジャイロセンサとGPS の消費電力が多いと分かった。TLIFES の行動判定には、ジャイロセンサを除く、加速度センサと地磁気センサを利用することで省電力化を行う。GPS については、捕捉衛星数を利用することでGPS の起動時間を短縮し消費電力の削減を行った。また、従来のTLIFES に捕捉衛星数を用いた提案プログラムを導入することで、バッテリーの稼働時間を11時間延長することができた。今後は3G、Wi-Fi、Bluetooth を利用して通信した際の通信速度や消費電力を測定し、更なる消費電力削減のために提案を行う。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、研究の方向や進め方など終始にわたり御指導、御助言を賜りました、名城大学理工学研究科 渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、測定機材を御貸しいただきました、名城大学理工学研究科 旭健作助教授に深謝致します。

最後に、本研究を行うにあたり、本研究室の皆様にも多くの方々から多大な助言と協力を承り、深く感謝しております。

## 参考文献

- [1] Google Japan Blog 世界のスマートフォン利用に関する大規模調査 2012 年の調査結果を  
発表 : <http://googlejapan.blogspot.jp/2012/05/2012.html>
- [2] GoogleLatitude : <http://www.google.co.jp/intl/ja/mobile/latitude/>
- [3] Yamagishi,H.,Kato,D.,Teshima,k.,Suzuki,H.,Yamamoto,O.and Watanabe,A.: Proposal and Im-  
plementation 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).
- [4] Yamagishi,H.,Suzuki,H.,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(2010).
- [5] 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(2011).
- [6] 山岸弘幸,鈴木秀和,渡邊晃.:高齢者ドライバを遠隔地から見守るシステムの検討,マルチメ  
ディア,分散,協調とモバイル(DICOMO2010)シンポジウム論文集,Vol.2010 ,No.1,pp1203-  
1209(2010).
- [7] 山岸弘幸,鈴木秀和,寺澤圭史,渡邊晃.:高齢者ドライバを遠隔地から見守るシステムの提  
案,情報処理学会第 72 回全国大会講演論文集, Mar.2010 .
- [8] 山岸弘幸,寺澤圭史,鈴木秀和,渡邊晃.:高齢者ドライバの安全を確認するシステムの提案,  
平成 21 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2009 .
- [9] 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 Commu-  
nications and Information Technologies (ISCIT2011) , pp.36-41(2011).
- [10] 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(2011).
- [11] 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
- [12] 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 .

- [13] 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, 2012-CDS-3, No.2, pp.1-8(2012).
- [14] 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.
- [15] 清原良三, 三井聡, 松本光弘, 沼尾正行, 栗原聡: 携帯電話におけるコンテキスト情報としての低消費電力位置情報取得方式, 情報処理学会研究報告, pp.33-38, 2008.

## 研究業績

### 学術論文

なし

### 研究会・大会等

なし