Vol.2019-UBI-62 No.9
2019/6/7

加速度センサを用いた手持ち電動工具の放置検知システムの研究

飯塚大祐[†1]　神戸英利[†2]

概要：近年，FabLab のような公開された工作施設が普及し，初心者でも工作機器を扱う機会が増えている．多くの初心者が利用するため，安全管理の必要性は一層高まっている．機器の利用に認証を用いて管理するシステムも存在するが，利用中の機器の放置により不要な独占が発生したり，事故が発生する恐れもある．本研究では，各電動工具に加速度センサ付き無線タグを取り付け，加速度の変化を取得・蓄積し，放置の判定を行えるようにした．その結果，工具の放置を自動で検知できるようになり，不要な独占や事故を抑制することができるようになった．

キーワード：IoT，加速度センサ，放置，利用管理

Study of a system of left alone detection of hand-held electric tools using acceleration sensor

DAISUKE IIZUKA[†1]　HIDETOSHI KAMBE[†2]

1. はじめに

1.1 研究背景

近年，メイカーズムーブメントの影響により，ものづくりで起業する「ハードウェア・スタートアップ」が注目されている[1][2]．これまでは，既存のハードウェアを IT で活用することが中心であったが，ハードウェアも独自に開発するという選択肢が増え，事業の幅が広がっている．ハードウェアを開発するという領域は,大企業のような資金，設備，技術を持つ組織が得意としていた．しかし，ベンチャー企業のような小さな組織であっても，独自に開発し事業化できる環境が整いつつあり，画期的な商品が生み出されている．

また, FabLab のような各種工作機器を一般市民に公開している工作施設の登場により，ものづくりが身近になってきている．これらの工作施設は，自分が欲しいものを自分で作る，という DIY 活動をサポートしている．次世代のものづくり社会を支える重要な施設とされており，今後も社会に普及すると考えられている．

産業では，第四次産業革命やドイツの提唱する Industry4.0 の影響により，工場内の機器や重機がネットワークに接続されるようになってきている．ネットワークに接続された機器やセンサから得られた情報をコンピュータ上（Cyber）に蓄積し，蓄積された情報をもとに問題の原因の特定や最適な解を導き，それらを機器（Physical）や経営に反映させる．このようなサイクルは CPS（Cyber Physical System）と呼ばれ，コスト削減や業務効率化に活用されている．

1.2 関連研究・事例

一般市民に公開されている工房の例として FabLab[3]が挙げられる．FabLab とは，さまざまな工作機器を提供する市民工房ネットワークである.「自分たちの使うものを，使う人自身がつくる文化」の実現を目指している．FabLab を名乗るための認証システムは存在しないが，基本理念やガイドラインをまとめた FabLab 憲章に基づいて運用される必要がある．FabLab はレーザーカッターや 3D プリンタ，各種ハンドツールなどを備えており，基本的な工作であれば，完結して行うことができる．

3 軸加速度センサの情報の変化から，動作や個人を特定するという研究が行われている[4]．身につけたスマートフォンの加速度センサの変化から，持ち主が歩行しているのか，誰が所持しているのかを特定している．

産業事故については，近年は減少傾向にあるが，作業員の確認ミスや誤操作などの人為的なミスによる割合は高く[5]，設備の故障率が低下したとしても事故の発生の抑制には限界がある．

1.3 課題

FabLab のような一般市民に公開されている工作施設では，利用者に多くの初心者が含まれるため，人為的なミスが発生する割合はより一層高くなる．

しかし，工作施設において IoT や CPS による機器の安全管理についてはほとんど実施されておらず，これらの技術

†1 東京電機大学大学院
Tokyo Denki University Graduate School
†2 東京電機大学大学院
Tokyo Denki University Graduate School

ⓒ2019 Information Processing Society of Japan

を用いたシステムを導入することで，安全性を向上させることが可能ではないかと考えた．

多くの人が共同で利用する工作施設において，安全性や管理性，利便性を低下させる事例について，利用中の機器の放置が挙げられる．放置が発生することで，不要な独占が発生してしまい，現在利用を行いたいという人が利用できないなどの問題が起きてしまう．さらに，半田ごてのような利用中に発熱する機器などでは，電源が投入されていることに気が付かずに触れてしまい，火傷を負ってしまうなどの事故の原因にもなってしまう．

すべての機器について，放置が発生しているのかを人間の管理者のみで監視するには限界があり，以下のようなシステムが求められる．

1. 機器が利用中にもかかわらず放置されている状態を検出可能にする．
2. 放置を検出した場合，機器の電源を自動で切るなどしてその後に発生しうる事故を未然に防ぐ．

2. 提案手法

2.1 システム全体

システム全体図を図 1 に示す．

各利用者は，機器を利用するとき，既存の利用管理システムを使用して利用の開始や終了を行う．利用管理システムは機器の利用に認証を行い，利用権限がある場合のみ利用することができる.利用開始･終了手続きにしたがって，機器の利用可能・不可能状態を切り替えることで，不正な利用を防ぐことができる．また，すべての利用について，利用者や開始・終了時刻を記録する．

この利用管理システムに放置判定システムを組み合わせ，互いに連携させることで,利用中の機器の放置判定を行う．

放置判定システムは，加速度センサ付き無線タグ（以降 無線タグ）を取り付けた機器と，各機器の放置状況の判定を行う放置検知サーバから構成される．

機器に取り付けた無線タグから得られる加速度情報の変化をもとに，放置判定を行う．利用管理システムから現在利用中の機器の情報を取得することで，どの機器の放置を監視するかを判断する．

放置が発生した場合は，利用管理システムに該当機器を報告することで，機器の利用を停止させ，放置があったことをデータベースに記録するとともに，管理者への通知を行う．

本システムでは，利用管理システムに利用状況と放置判定を組み合わせ，利用者本人と管理者に放置警告を行うとともに，放置機器の電源を自動できることで利用不可能状態にすることで，安全性や利便性，管理性の向上を実現可能とする点が特徴となる．

本研究の評価対象として，弊学により導入が進められている RD 工房というファブスペースを利用した．

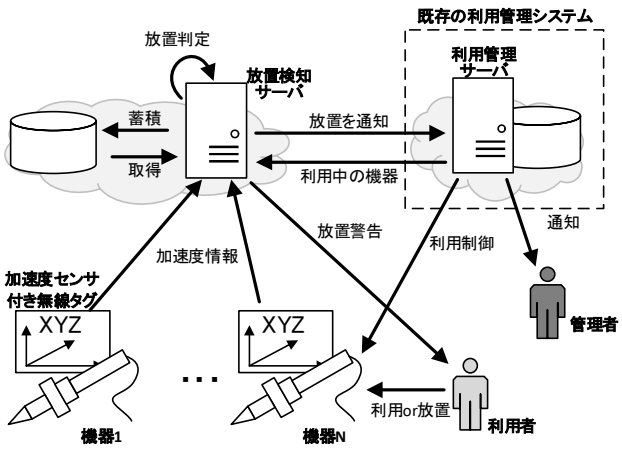

図 1 放置検知システム 全体図

2.2 機器への加速度センサ付き無線タグの取り付け

無線タグを放置監視する機器に取り付け，取得した加速度情報を放置検知サーバに送信し，蓄積・解析する．加速度情報は取り付けた機器と対応させることで，特定の機器の加速度の変化を追跡することができる．

無線タグは電池による駆動であり，電池を消費する最大の要因は，情報の送信動作である．したがって，一定間隔ごとに加速度情報を送信した場合，電池の消耗が激しく頻繁な電池交換を要してしまう．そこで，加速度の変化が生じた場合に加速度情報を送信させることで，電池の消耗を抑えるようにする．

2.3 放置検出手法

放置検知判定の状態遷移図を図 2 に示す．

放置検知サーバは，データベースに蓄積された加速度情報を取得し放置されている機器がないかの判定を行う．

放置検知の手法は以下の通りに行う．

1. 現在時刻から一定時間さかのぼり，その間の加速度情報をもとに，「動かされた」回数（以降 動作回数）を求める．
2. 動作回数が所定の回数に満たない場合，放置であると判断する．

現在時刻からさかのぼる時間については，機器の特性や工房の利用状況により様々に決定することができる．

放置と判定するための動作回数の条件については，作業台の振動や作業とは無関係の動作（他の利用者が自身の作業スペースを確保するために工具をずらすなど）が発生することを考慮して決定する．通常使用していれば問題なく超える回数にする必要がある．

また，放置まではいかないが，機器の使用を一時的に行っていない利用者などについては，一定時間後にいきなり放置として扱ってしまっては，利便性や管理性が低下してしまう．そこで，放置と判定する前に「今後放置となる可能性のある状態（放置警戒状態）」を設け，事前に利用者に警告を行い，利用の再開や終了を促すようにする．警告を

ⓒ2019 Information Processing Society of Japan

聞いて利用を再開すれば正常として扱い，終了すれば正常に終了したとして扱う．

放置警戒状態を設けて警告を出すことで，利用中の機器の近くにいるが，手元の別の作業を行っているため，一時的に機器を利用しないが利用終了を忘れてしまっている，などの利用者に利用の再開や終了を促すことができるため，利便性を向上させることができる．また，放置自体を未然に防ぐことにつながるため，不要な独占や事故を未然に防ぐことができ，安全性を向上させることができる．

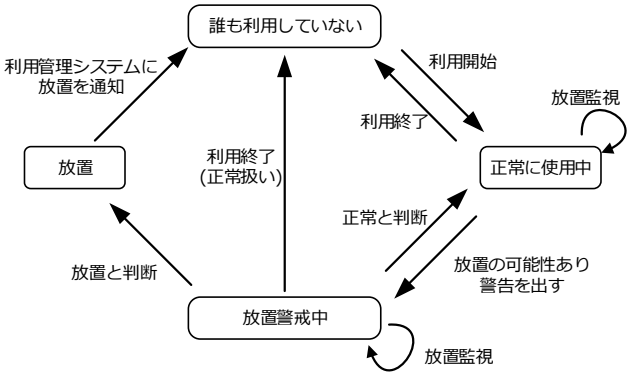

図 2 放置判定の状態遷移図

2.4 加速度情報の蓄積方法および動作回数の計数方法

無線タグは加速度の変化を検知すると，自身のタグ ID と加速度情報を送信する．放置検知サーバは加速度情報を受け取ると，その情報をデータベースに蓄積する．加速度情報のみを格納すると，複数の機器を識別不能となるため，利用管理システムに登録されている機器の情報と紐つけて登録する．そのため，予め無線タグ ID と対応する機器との関係を用意しておく必要がある．

放置を検出するための動作回数は，一定時間以内に送られてきた加速度情報の個数とする．無線タグの電池の消耗を抑えるために，加速度の変化が生じた場合のみ情報を送信するようにしているため，加速度情報を取得した時刻にその機器は動かされたことになる．

2.5 放置判定時の利用管理システムへの通知

放置を検知した場合，利用管理システムへ放置が発生したことを通知する．利用管理システムは該当機器の利用を終了させ，誰がどの機器の放置を行ったかをデータベースに記録する．また，管理者に通知を行う．

管理者が対応する前に自動的に機器の利用を終了させるため，起動状態の機器による事故を未然に防ぎ，該当機器を利用したいと考えていた他の利用者が利用を開始することができる．

2.6 無線タグの電池の残量を表示

無線タグは電池駆動であるため，定期的な電池交換が必要である．データの送信タイミングは機器の使用状況により様々であるため，電池の消耗にはばらつきが生じる．電池が消耗してしまい送信が適切に行われない場合，放置を検出することができず，安全状態を維持させることができなくなるため，電池の交換時期を事前に把握する必要がある．

無線タグが情報を送信するときに電源電圧の情報も同時に送信させ，その情報をもとに電池の残量を表示できるようにし，適切なタイミングで電池交換を行えるようにする．

3. 実装

3.1 システム全体図

実装したシステムの全体図を図 3 に示す．放置検知サーバはさくらインターネット株式会社の提供する VPS サービスである，さくらの VPS[6]を用いて構築した．また，データベースは同 VPS 内で MySQL サーバを起動させることで構築した．

中継 PC は工房内に設置され，無線タグから送られる情報を中継し放置検知サーバに送る．専用の受信機を取り付けることで，無線タグの情報を受信できるようにする．また，放置が発生した場合の利用者への警告も行う．放置検知サーバから警告再生の指示を受け取ると，接続したスピーカを用いて警告を再生する．

放置を検出する処理は，図 2 の状態遷移図にしたがって作成した．放置と判断する前に一度放置警戒状態に移動する．放置警戒状態と判断したときに再生される警告を聞いて，利用の再開または終了処理を行った場合は，正常な動作として扱うようにした．

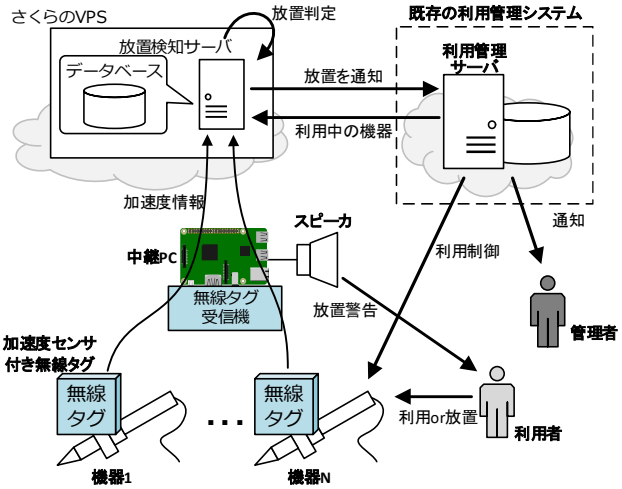

図 3 実装システム全体図

3.2 加速度センサ付き無線タグ

加速度センサ付き無線タグとして，モノワイヤレス株式会社の TWELITE 無線マイコンを搭載した TWELITE 2525A[7]を使用した．また，受信機として同社の MONOSTICK を使用した．TWELITE 2525A と MONOSTICK の写真を図 5 に示す．

MONOSTICK（以降 受信機）は USB シリアルデバイスとして動作し，無線タグからのデータを受信するとその内

容を行単位で出力する．出力内容には加速度情報だけではなく，無線タグの ID や電源電圧なども含まれている．

図 5 TWELITE 2525A(左) MONOSTICK(右)

3.3 機器への無線タグの取り付け

無線タグの取り付け方として，機器に固定する方法と紐で吊るす方法を検討した．取付ける機器としてはんだごてを用いた．各取り付け方の写真を図 6 に示す．それぞれの取り付け方で普段の使用を模した動作を行ったときの加速度の変化を取得した．はんだごての動作は，コテ台に置く→はんだ付けを行うために少し使用する→コテ台に戻す，を繰り返す動作とした．なお，この実験時の無線タグは，動作に関係せず 10 秒ごとに送信を行うように設定した．

測定した加速度の変化のグラフを図 4 に示す．横軸は時間で 10 分程度測定を行った．縦軸は前回取得したときから変化した角度である．変化した角度は 3 次元ベクトルのなす角である．固定した場合は，機器を動かしたときに大きく角度が変化しており，どのタイミングで動かされたかがはっきりとわかった．一方で吊るした場合は，変化はしているがその大きさは小さく，動かされたかどうかははっきりとはわかりにくいという結果であった．したがって，機器への無線タグの取り付け方は，加速度の変化が大きく動作しているかがわかりやすい固定する方式を採用した．

図 6 無線タグの取り付け 固定(左) 吊るす(右)

3.4 加速度情報の送信と放置検知

中継 PC に取り付けた無線タグ受信機から取得できる情報は 1 データに付き 1 行の文字列であるため，文字列の分解を行い，無線タグ ID，xyz 軸の加速度，電池残量の取得を行う．システム起動時に放置検知サーバから受け取った無線タグ ID と機器との対応表をもとに該当機器を特定し，それらの情報を放置検知サーバに送信する．各情報を受け取った放置検知サーバは，その情報を現在時刻とともにデータベースに格納する．

放置検知サーバは放置が発生していないかの監視を常に行う．既存の利用管理システムと通信を行い，現在利用されている機器を常に把握し，該当機器の放置検知を行う．

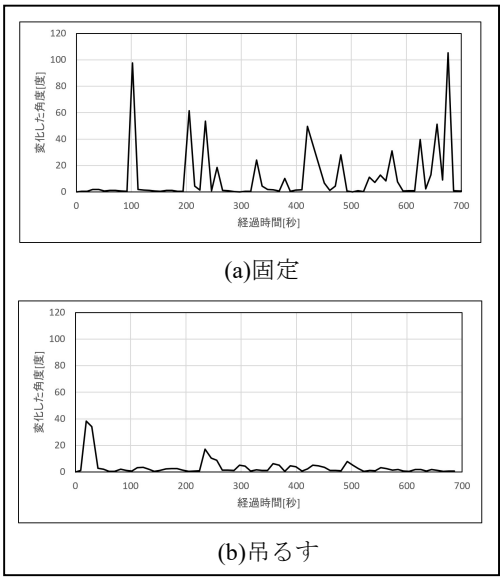

図 4 同じ動作をしたときの加速度の変化

システムの実装において，放置と判定するまでの時間を 10 分と定めた．この時間については，実装時にはんだごてを用いており，はんだごては新品のコテ先であっても 30 分間加熱状態が続くと酸化し使用に影響を与えてしまうため[8]，10 分と定めた．しかし実際には利用者の人数や利用頻度をもとに，各施設で適切な時間を設定するべきである．

指定時間内に利用していると判断するための動作回数を 3 回以上とした．動作回数については，機器の配置や作業台，利用者の人数によって，利用していないにもかかわらず振動などで動作回数を増やしてしまう割合が変化してしまうため，判定するまでの時間と同様に各施設によって適切に調整する必要がある．

現在からさかのぼる時間とその間の動作回数を用いて放置を検出するために，専用の SQL を作成した．無線タグは機器が動かされたときに送信を行うため，データベースに情報があるということは，その時刻に動かされたということになる．したがって，加速度情報の履歴から指定時間以内に各機器ごとのレコード数をカウントする SQL を実行し，そのカウント値が指定の動作回数以下の場合は放置であると判定する．

また，放置警戒状態については，放置と判断する半分の時間である 5 分を用いて，放置検知と同様の SQL を用いて取得した．

放置または放置警戒状態を判定する処理を 10 秒ごとに実行することで，順次該当する機器がないかを判定し続ける．放置・放置警戒と判断された機器はデータベース上に保持される．放置警戒と判断された機器についても，継続して放置判定を行い続ける．放置警戒判定時の警告を聞き，利用者が利用を再開するなどして動作回数が増加した場合は，放置警戒を解除し正常な状態に戻される．また，放置

ⓒ2019 Information Processing Society of Japan

警戒判定後に利用を終了した場合は，放置とは扱わずに正常に終了したとして処理する．

3.5 放置警戒・放置発生時の利用者への通知

放置警戒や放置であると判定されたときに，中継 PC に接続されたスピーカを用いてその旨を知らせる警告を再生させる．警告する内容は，利用者と利用中の機器の情報と，放置・放置警戒の情報である．

放置が発生したことを知らせる警告が再生された場合，該当機器の利用は終了しているため，他の利用者はその機器の利用を開始することができる．

3.6 放置発生時の利用の停止と管理者への通知

機器が放置であると判定された場合，放置検知サーバは機器管理システムに放置が発生したことを通知する．機器管理サーバは該当機器の利用を終了させる．利用履歴には放置が発生したことにより利用が終了したことも格納する．また，異常履歴にも放置の情報を保存する．

また，利用管理システムは放置発生に関する情報を管理者に通知する．通知内容は以下の項目である．通知には Google の提供する G メールを用いて行った．

- 発生時刻
- 利用者情報
- 機器情報
- 異常の内容（今回は放置の発生）

3.7 無線タグの電池残量の表示

無線タグは電池により動作しており，電池切れにより動作が行われなくなってしまうと放置検知を行うことができなくなる．したがって，適切なタイミングで電池交換を行うために，現在の電池残量を取得する必要がある．無線タグは送信データの中に現在の電源電圧情報も付加させることができるため，3.4 節の加速度情報の取得時に，同時に電源電圧の取得も行うようにした．

取得した電源電圧は無線タグ ID を通して対応する機器と紐付けた．また，各無線タグの電源電圧をグラフにより表示させることで，各機器の無線タグの電池残量をグラフィカルに確認できるようにした．グラフは棒グラフを用い，電源電圧の大きさにより赤(交換時期)，黄(もうすぐ交換)，青（十分）と色分けを行うことで，電池交換の必要な機器をひと目で判断できるようにした．

グラフの赤表示の電池交換時期については，無線タグのデータシート[9]より，電源供給電圧は最小 2.0V，始動電圧は 2.05V であるため，2.05V 以下とした．また，交換時期が近づいている黄表示については，動作する電圧間（2.0V～3.0V）の約 3 分の 1 である 2.3V とした．

4. 評価

4.1 各機器の加速度情報の取得・蓄積

各機器の加速度情報を取得し，各機器ごとに識別して蓄積できかの確認を行った．複数の機器に無線タグを取り付け，機器と無線タグ ID を対応付けておき，受信した加速度情報をデータベースに記録した．記録したデータベースから取得した履歴の例を図 7 に示す．

機器名の末尾につけられた番号は，同じ種類の機器を識別するための台番号である．それぞれの機器と対応付けて加速度情報が記録されていることを確認した．

機器名	x	y	z	時刻
ルータ1	-36	-62	26	02/22 15:14:10
ルータ1	-4	0	92	02/22 16:17:04
半田ごて2	-7	3	77	02/22 16:17:54
半田ごて2	40	14	87	02/22 16:21:32
ルータ1	4	25	118	02/22 16:21:39
半田ごて2	130	-30	20	02/22 16:21:41
ルータ1	98	36	-2	02/22 16:21:45
半田ごて1	100	-6	0	02/22 16:24:30
ルータ1	80	-22	54	02/22 16:24:30

図 7 蓄積された加速度情報

4.2 放置判定

放置判定が正しく行われるかを確認するために，擬似的に放置状態を作り出し，動作確認を行った．動作は以下のようなパターンを行った．

1. 機器を動かしたのち 10 分間放置した場合，放置判定が行われ機器の利用の終了が行われるか．
2. 一度放置するが，放置警戒状態と判定された後に再び動かした場合，放置警戒が解除されるか．
3. 上記の放置警戒状態と判定された後に，機器を動かさずに利用を終了した場合，正常終了扱いとなるか．

これらの動作確認では，正しく判定することができるかを確認するため，警告や利用の停止などは行わず，プログラム中の状態を表示させながら行った．

機器を動かしたのち 10 分間放置を行った場合，約 5 分後に放置警戒状態と判定された．そしてそのまま放置を続け，放置開始から約 10 分後に放置状態であると判定された．放置判定の間隔は 10 秒ごとであるため，ちょうど 10 分後ではなく，多少の前後が発生した．

放置警戒状態と判定されてから，放置であると判定されるまでの間に，警告を聞くなどして利用を再開する状態を再現した場合，放置警戒が解除され正常状態に戻ることが確認できた．また，放置警戒が解除された場合でも，再び放置や放置警戒の条件を満たした場合，正常にそれらの判定を行うことができた．

放置警戒状態と判定されてから，一度も機器を動かさずに利用終了処理を行った場合，正常に利用終了することができた．放置検知の処理では，利用管理システムから取得

ⓒ2019 Information Processing Society of Japan

する利用中機器リストの中に該当機器が含まれなくなるため，放置検知の対象から正常に除外された．

4.3 利用者への通知

放置警戒状態・放置状態であると判定したときに，中継PC に接続したスピーカによりその旨を知らせる警告が再生されるかの確認を行った．

4.2 節と同様に放置状態を再現して確認を行った．システムが放置警戒状態であると判定した場合，「(利用者名)の使用している（機器名）が，しばらく使用されていません．使用していない場合は，使用を終了して下さい．」という警告の音声を自動再生されることを確認した．また，そのまま放置状態と判定された場合，「(利用者名）の使用している（機器名）を，放置と判断し，電源を切りました．」という音声が自動再生されることを確認した．なお，利用者への通知動作の確認であるため，利用の強制停止については行っていない．

4.4 放置発生時の利用の停止と管理者への通知

放置状態であると判定した場合に，利用管理システムに放置が発生したことを通知し，機器の利用が停止されるかの確認を行った．

4.2 と同様に放置状態を再現して確認を行った．放置状態であると判定した場合，利用管理システムに，機器の放置が発生したことが通知されることを確認した．放置を通知された利用管理システムは，該当機器を利用停止状態にした．これにより，機器の電源が切られ，利用不可状態になることを確認した．利用履歴には放置により利用終了したことが，異常履歴には放置が発生したことが記録された．

また，利用管理システムより管理者へ放置が発生したことを通知するメールが送信されたことを確認した．図 9 に送信されたメールを示す．放置の発生時刻，利用者，該当機器がメールに含まれており，異常の情報を確認することができた．

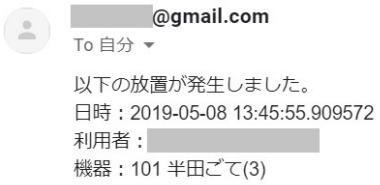

図 9 送信された放置発生メール

4.5 無線タグの電池残量の表示

無線タグの電池残量を確認するためのグラフの表示を行うことができるかの確認を行った．データベースには電源電圧と日付が無線タグ ID により関連付けられて蓄積される．無線タグ ID は各機器とも関連付けられているため，各機器に対応する無線タグの電池残量を取得することができる．

表示したグラフを図 8 に示す．各機器の無線タグの電池残量が棒グラフとして表示され，交換時期に応じて色分けされており，どの機器の無線タグの電池を交換するべきかをひと目で確認できた．

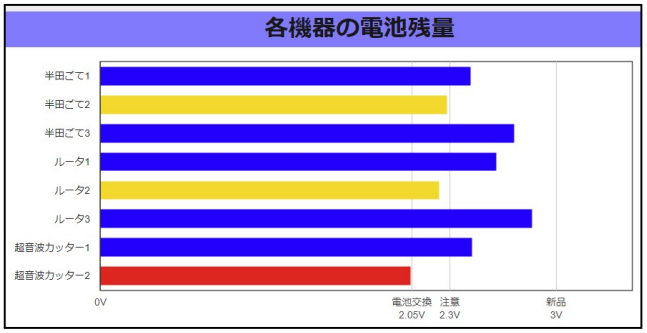

図 8 各機器に取り付けた無線タグの電池残量グラフ

5. 考察

5.1 無線タグの機器への取り付け方について

3.3 節において，機器への無線タグの取り付け方法の比較を行った．比較の結果，無線タグを固定する方が機器が動かされたことの認識に適していることがわかった．機器に無線タグを吊るす方法に比べ，なぜ適しているのかを考察する．

固定する場合の特徴として，無線タグの動きが機器本体の動きと完全に一致することである．機器を動かす・止める動作に対し，無線タグも同時に動く・止まる動作をする．機器を動かさなければ無線タグも全く動かない．また，機器の置き方によっては無線タグの角度に大きな変化が起きる場合もある．

それに対し吊るした場合の特徴は，機器を動かしたあと動作を止めても，少しの間揺れ続けるため，加速度の値の変化が持続することである．しかし，吊るされているため，基本的に同じ向きを維持してしまい，加速度の変化量は小さくなってしまう．

機器が動かされたかの検出については，加速度が長い時間変化し続けるよりも，一つひとつの動作に対し大きな変化がある方が検出しやすい．したがって，そのようなデータを取得することができる固定する方が，吊るすよりも適していると考えられる．

6. 結論

6.1 まとめ

加速度センサ付き無線タグを各機器に取り付け，機器の加速度情報を蓄積・解析することで，機器の放置を自動で判定することができた．また，放置判定時に既存の利用管理システムに通知を行うことで，管理者に通知を行うとともに，機器の利用を停止させることで事故の発生を抑制・不要な独占を防ぐことで，安全性や利便性を向上させることができた．

無線タグの機器への取り付け方は，吊るすよりも固定する方が適しており，既存の機器に取り付けることで，機器

ⓒ2019 Information Processing Society of Japan

が動かされたかをシステムで把握できるようになった．また，無線タグの電池残量も常に把握することで，電池の交換時期を知らせることができ，電池切れによる測定不能を回避できるようにした．

放置と判定するまでの時間を 10 分間としたが, この時間は機器や利用者の人数などにより，適切に設定する必要がある．

6.2 今後の展望

加速度センサの変化を機械学習を用いて解析・判断することにより，現在誰が使用しているかを特定することができれば，本当にその人が利用しているかなどを識別することができ，正当な利用であるかを判断できるようになる．また，放置だけではなく安全な使い方であるかなどを判定できれば，さらに安全性を向上させることができる．

しかし，これらの識別を行うためには，加速度情報を高頻度で取得し解析を行う必要がある．しかし，コイン電池では容量に限界があるため，有線やワイヤレスでの給電を行うなど，バッテリー問題を解決する必要がある．

放置と判定するまでの時間については, 一律に 10 分と定めたが，現在の混雑度合いや各機器の特性を考慮し，動的に変更することで，安全性を保ちつつ利便性を向上させることができると思われる．

また，利用者への警告をスピーカーだけではなく所持しているスマートフォンに通知するなど，各利用者へ直接通知を行えるようにすることで，通知の認知率を向上させることができる．

謝辞

本研究の遂行に際し，多岐にわたって御指導・御鞭撻を賜りました神戸英利教授に感謝申し上げます．また，研究の遂行と論文の完成において，多くの助言と御協力を頂きました神戸研究室の皆様に深く感謝し，心から御礼申し上げます．

参考文献

[1] 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング. 平成 27 年度製造基盤技術実態等調査(我が国ものづくりベンチャーの動向等調査)報告，2016 年 3 月
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000413.pdf
[2] 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング．日本における「ものづくりベンチャー」発展の可能性と政策的課題，2017 年 3 月
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000342.pdf
[3] ”JapanFabLab. FabLab Japan Network”. http://fablabjapan.org/(参照 2019-05-08)
[4] 岩本 健嗣，杉森 大輔，松本 三千人．3 軸加速度センサを用いた歩行者推定手法. 情報処理学会論文誌. 2014, vol.55, no.2, p739-749.
[5] 経済産業省. 産業事故の発生防止に向けた対応の方向性, 2013 年 2 月
http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/pdf/002_02_00.pdf
[6] さくらインターネット. VPS（仮想専用サーバー）.
https://vps.sakura.ad.jp/(参照 2019-05-08)
[7] ”モノワイヤレス株式会社”.
https://mono-wireless.com/jp/index.html(参照 2019-05-08)
[8] ”こて先のメンテナンス”.
http://handa-craft.hakko.com/support/tips-maintenance.html(参照 2019-05-08)
[9] ”TWELITE 無線マイコン データシート Ver.3.0.4”.
https://mono-wireless.com/jp/products/TWE-LITE/MW-PDS-TWELITE-JP.pdf(参照 2019-05-11)

ⓒ2019 Information Processing Society of Japan