

平成23年度 特別研究報告書

スマートフォンのセンサーを用いた家電制御の検討

龍谷大学 理工学部 情報メディア学科

学籍番号 T070395 井上 侑樹

指導教員 三好 力 教授

内容梗概

家電のネットワーク化が進み、高機能家電をサーバーとして家中の家電を連携させ生活の利便性を高めるホームネットワークが注目されている。ホームネットワークは家全体の家電を制御する事を目的として作られており、離れた場所においてもサーバから信号を送り家電を制御しているため、利用者の移動にあわせて照明、室温等の環境をきめ細かく対応できない点が問題と考えた。そこでスマートフォンに搭載されている様々なセンサーを使って、移動に伴う環境の変化をスマートフォンのセンサーで感知してその情報をもとに家電を制御可能なシステムを考えた。

提案したシステムは家電の消し忘れを防げるため、スマートフォンでコントロールした時のどれだけの省エネになるのか検証するため消し忘れが発生するシュミレーターを作り、提案したシステムと実際にどれだけの電力消費量が変わってくるのかを調査した。

また利用者によって部屋の使い方が異なるため、部屋の識別を行うため、いくつかの手法を考え、その1つである、無線 LAN の電波強度を使って識別できないかと考え調査した。

目次

第1章	研究目的	1
第2章	基本事項	2
2.1	スマートフォンのセンサー機能,Wi-Fiについて	2
第3章	関連研究	4
3.1	松下電工(株) ライフイニティ	4
3.2	リーダ家電	5
第4章	提案手法	6
第5章	実験結果と考察	8
5.1	無線LANの電波強度の実験	8
5.1.1	前提条件	8
5.1.2	実験1-1	9
5.1.3	実験1-2	11
5.1.4	考察	12
5.2	消費電力を検討するための実験	12
5.2.1	実験	12
5.2.2	実験結果と考察	13
第6章	まとめ	16
	謝辞	17
	参考文献	18
	付録	19

第1章 研究目的

昨今,家電のネットワーク化が進み,1つの高機能家電をサーバーとして家中の家電を連携させ生活の利便性を高める「ホームネットワーク」が注目されている.ホームネットワークシステムとは照明や空調の一括管理,風呂の遠隔自動給湯,セキュリティの確認以外にも,ホームシアターの制御などの家電製品を制御するために作られおり,その人の好みに合った照明,温度,BGM,映像などを設定することができる.その他にも,省エネを考慮した空調の設定をしたりできる.ホームネットワークを利用するメリットとしてはひとつのユーザーインターフェイスのみの操作で集中制御を行え,各部屋に設置されている家電機器をネットワーク接続して遠隔操作することにより,家庭内の家電機器を制御できる.また,携帯電話を使いインターネットを通して外出先からも遠隔操作ができる.

実用的なホームネットワークの使用法として,火災が発生したときに,家全体の照明を点滅させ警告する,消防署へ自動通報するなどという使い方が考えられる.例えば,ホームシアターがホームオートメーションのシステムと接続されていれば,火災発生時にホームシアターシステムを強制的に終了し,人間に火災を知らせるということも考えられる.

しかし,このホームネットワークシステムでは,1つのユーザーインターフェイスからの制御や外出先からの制御は便利になっていくが,個人の移動に伴う照明や室温といった環境の変化に対応できないと考えた.

そこでスマートフォンに搭載されているセンサーで環境の変化を感知してその情報に対して家電を制御できるようなシステムを考え,そのシステムを確立させるために,屋内での位置情報の取得,システムを導入した際に無駄な電力が抑えられるかを検証する.

第 2 章 基本事項

2.1 スマートフォンのセンサー機能, Wi-Fi について

スマートフォンとは、インターネットとの親和性が高く、PC の機能をベースとして作られた携帯電話、PHS のことで通常の携帯電話や PHS でもサポートされる音声通話や電子メールの通信だけでなく、PC のそれに近いインターネット接続機能、音楽や動画も携帯電話などより比較的大容量で多様なフォーマットに対応する。アプリと呼ばれる小規模なプログラムも携帯電話などより比較的処理能力がある。また今までの携帯電話には、セキュリティ用途の指紋センサーやメインディスプレイの明るさを調整する光センサーなどのセンサーが搭載されるものもあるが、アンドロイド端末等のスマートフォンには基本的に6つのセンサーが標準搭載されている。以下の表はスマートフォンに搭載されているセンサーとその役割である。

表 1,スマートフォンに搭載されているセンサーとその役割

センサー名	役割
加速度センサー	携帯電話の画面の上下方向を決める
地磁気センサー	磁界の方向を計測する
温度センサー	気温の測定
照度センサー	周りの明るさを検知する
近傍センサー	顔などが近づいた事を検知する
GPS センサー	携帯電話の位置情報を得れる
赤外線センサー	赤外線を受信、送信する

このセンサーとは別に、Wi-Fi という無線 LAN を利用し、電波を受信してアクセスポイントを経由しインターネットへ接続できる機能を備えている。また、3G と呼ばれるモバイルネットワーク（携帯電話回線）もある。3G を利用した高速データ通信の可能な携帯電話やスマートフォンを指し、いずれも無線回線だが、3G は電話回線、Wi-Fi はインターネット回線である。スマートフォンは優先して Wi-Fi に接続し、Wi-Fi に接続できない場合に 3G に接続される。

スマートフォン端末では対応したアプリを作成,ダウンロードすることができる.このアプリは上記に説明したセンサーからの情報を API を等して入手して利用することが可能である.以下はスマートフォン的一种である iPhone のアプリの一つ「コンパス」である.



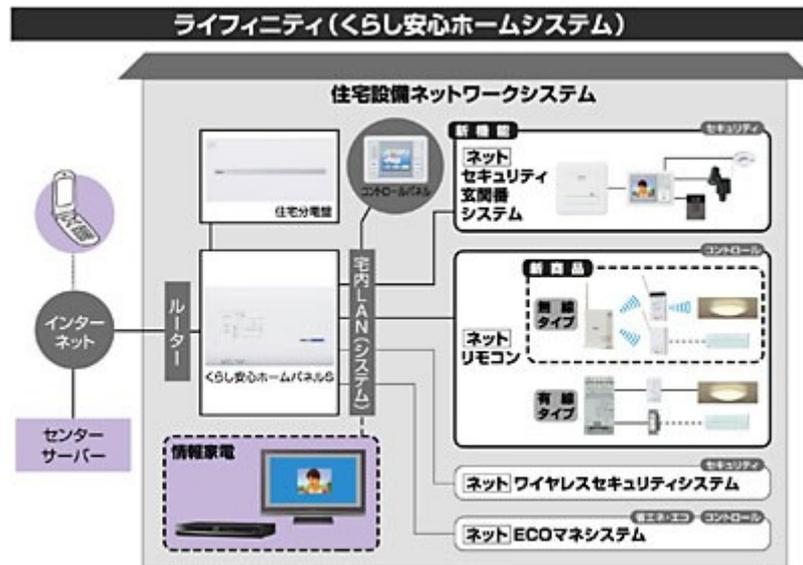
図 1,コンパスのアプリケーション

このコンパスは地磁気センサーを使いスマートフォンの向いた方角が1°単位で表示されるものである.

第3章 関連研究

3.1 松下電工(株) ライフィニティ

現在多くの家電業界がホームネットワークシステムの構築に向けて多くのシステムの開発,研究を行っている。以下に松下電工(株)が薄型テレビ「ビエラ」やレコーダー「ディーガ」に搭載しているホームネットワークシステム“ライフィニティ”の概念図を示す。



ライフィニティ (暮らし安心ホームシステム) の配線概念図

図2,ホームネットワークシステム“ライフィニティ”

(出典:ファイルウェブ)

ライフィニティはビエラとの連携し,テレビの視聴中でも来訪者があった場合テレビ付きインターホンの来客映像をテレビで確認できます.センサーライト付きカメラ子器を接続している場合は侵入者を検知すると,カメラ映像をテレビで確認することも可能になります.またディーガとの連携により,留守中の来客映像やセンサーライト付きカメラ子器の映像を自動録画することもできるようになる.宅外の様子もビエラからテレビ付きインターホンやセンサーライト付きカメラ子器を通して確認できます.この連携機能では,ライフィニティのシステムにビエラを5台,ディーガを1台接続できるようになり,リビングや寝室など複数の部屋から来客者や侵入者をモニターすることが可能である.

3.2 リーダ家電

ホームネットワークシステムの関連研究としてリーダー家電というものが研究されている。ホームネットワークシステムにおけるホームサーバが情報家電を集中管理する方式ではホームサーバが各情報家電に対して制御コマンドを送信することで情報家電同士の連携を実現している。以下の表はホームネットワークシステムとリーダー家電の違いである。

表 2,ホームネットワークシステムとリーダー家電の違い

	ホームネットワークシステム (インフラストラクチャモード)	リーダー家電 (アドホックモード)
制御範囲	家	部屋
制御管理システム	ホームサーバ(ビエラ etc)	情報家電自身
メリット	一点集中型のため家庭内の全てのコンテンツを楽しむことができる	部屋単位の制御のためそれぞれ個々にサービスを受けれる
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ホームサーバに障害が発生すると連携サービスが受けられなくなる 接続される情報家電が増えるほどホームサーバへの負荷が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 家電自身に制御を処理するだけの能力がない 各部屋ごとで制御設定をしなければならない
通信イメージ	<pre> graph TD HS[ホームサーバ] --> TV[テレビ] HS --> AC[エアコン] HS --> L[照明] </pre>	<pre> graph TD DP[DVDプレーヤー (リーダー家電)] --> TV[テレビ] DP --> AC[エアコン] </pre>

このリーダー家電の研究では、ホームサーバを利用せずにサービス単位でグループを形成し、情報家電を集中制御することによって情報家電連携制御を行っている。この研究においては情報家電をリーダー家電と一般家電に分け、リーダー家電が一般家電に対して制御コマンドを送信する。リーダー家電とはグループ内のその他の家電を集中制御する役割を担う情報家電である。その他の家電はリーダー家電から制御コマンドにしたがって自身の機能(温度調整など)を提供する。

第4章 提案手法

ホームネットワークシステムは家全体の家電を制御する事を目的として作られており、離れた場所においてもサーバから信号を送り家電を制御しているため、利用者の移動にあわせて照明、室温等の環境に対応できない事が問題と考えた。

そこでスマートフォンに搭載されている様々なセンサーを使って、移動に伴う環境の変化をスマートフォンのセンサーで感知してその情報をもとに家電を制御可能なシステムができるのではないかと考えた。環境変化の感知に関してはスマートフォンに搭載されているセンサーの内、4種類のセンサーを使って環境の変化に反応できるのではないかと考えた。

- ・照度センサー 周囲の明るさを検知し、リモコンアプリケーションに照明の ON/OFF にする信号を送る。
- ・温度センサー 数秒間で室温を測定し、設定温度より高低があればエアコンの冷房、暖房を ON/OFF にする信号をリモコンアプリケーションに送る。
- ・地磁気センサー ある一定の方角に向いたときに部屋の識別を行うために使用する。
- ・赤外線センサー 各家電に制御信号を送る。

4つのセンサーを使い人の移動に伴って変化する環境を感知させる。

今回の研究で重要となるのは屋内で位置情報を得ることだと考えた。部屋によって置かれている家電、部屋を利用する目的が違うので、制御する家電が変わってくる。そのため、利用者がどの部屋にいるのかを識別しなければならない。また実際にこのシステムが完全に作動すれば照明、空調等の家電の消し忘れを防ぐ事ができ、年齢とともに消し忘れが発生する可能性が高くなるため、高齢者の住宅にこのシステムを導入すれば消費電力の最適化がはかれる等などの有効性があると考えた。移動の感知に関して、もっとも簡単なのが GPS 機能を用いて位置情報を取得する手法だが、屋内だと正確な GPS 機能は使えない可能性がある。そこで、部屋によって異なる無線 LAN の電波強度で識別する手法、素材の違う壁、窓等のスマートフォンから出した赤外線の反射率によって識別する手法、部屋に置かれた家電から出されるリモコン信号[4]を受信して部屋を識別する手法の3つを考えた。今回は、もっとも実用性の高いものとして、無線 LAN 親機からの電波を受信し、その電波の強さで部屋を識別ができるのではないかと考えた。

次の図はフローチャートの説明と照明の例によるフローチャートである。

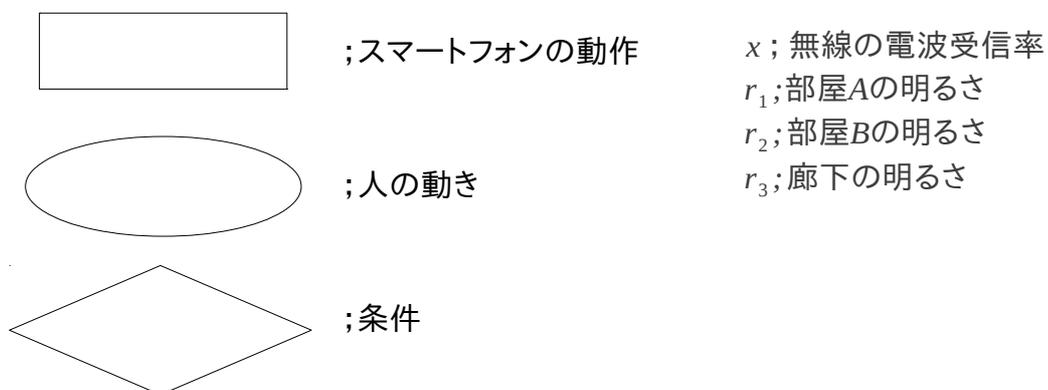


図3,フローチャートの図の説明

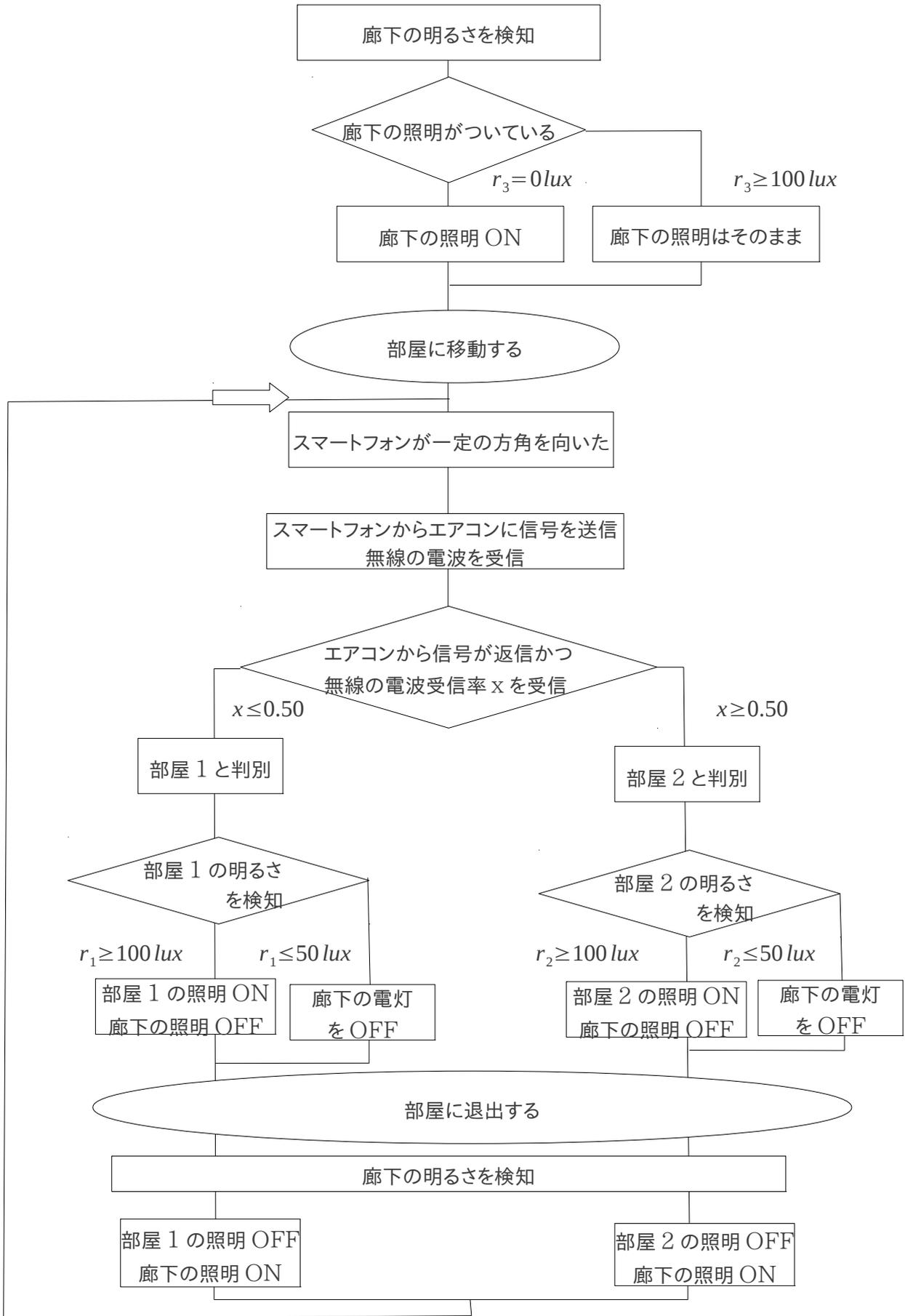


図 4,照明の例におけるフローチャート

第5章 実験結果と考察

5.1 無線LANの電波強度の実験

第4章で提案した位置情報の確立システムに基づき、1つである無線LANからの電波強度によって部屋を識別する手法を確かめた。

5.1.1 前提条件

実験を行うために、無線ルータは次の表のものを導入する。

表3,二つの無線ルータの仕様について

	無線1	無線2
		
名前	stream41228	FON_FOR_NTERNET
型番	WN-G150R	FON2405E
無線LAN規格	IEEE802.11g IEEE802.11b	IEEE 802.11g / IEEE 802.11b / IEEE 802.11n(2.4GHz帯のみ)

5.1.2 実験 1-1

各部屋ごとに無線 LAN からの電波強度を「InSSIDer」というフリーソフトを用いて測定し、各部屋の入口付近、高さ1 m の辺りで5分間測定する。5分間というのは電波受信を安定させるためである。部屋1,部屋2,廊下の家電を制御するのである。部屋の配置図は以下のように設定する。

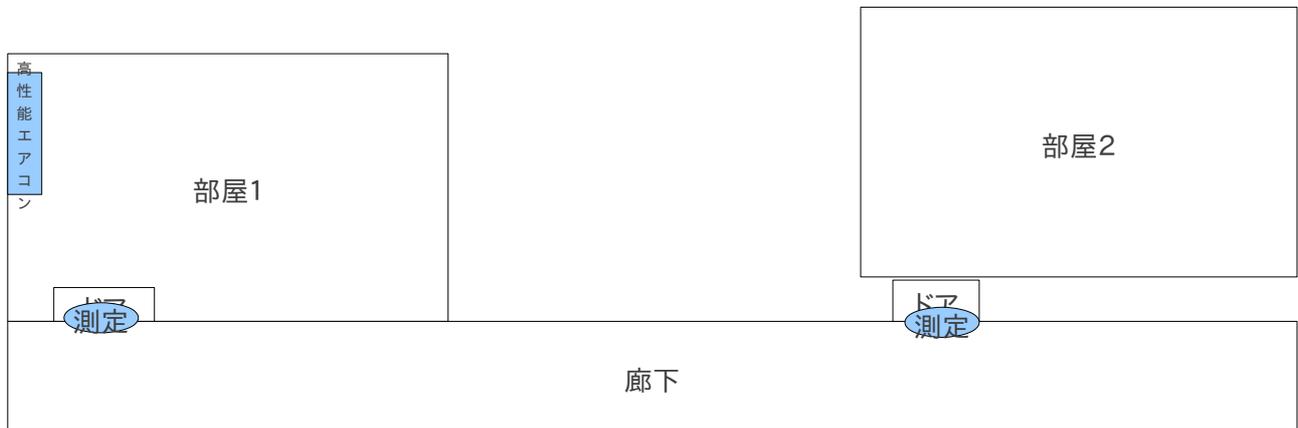


図 5,部屋の配置図

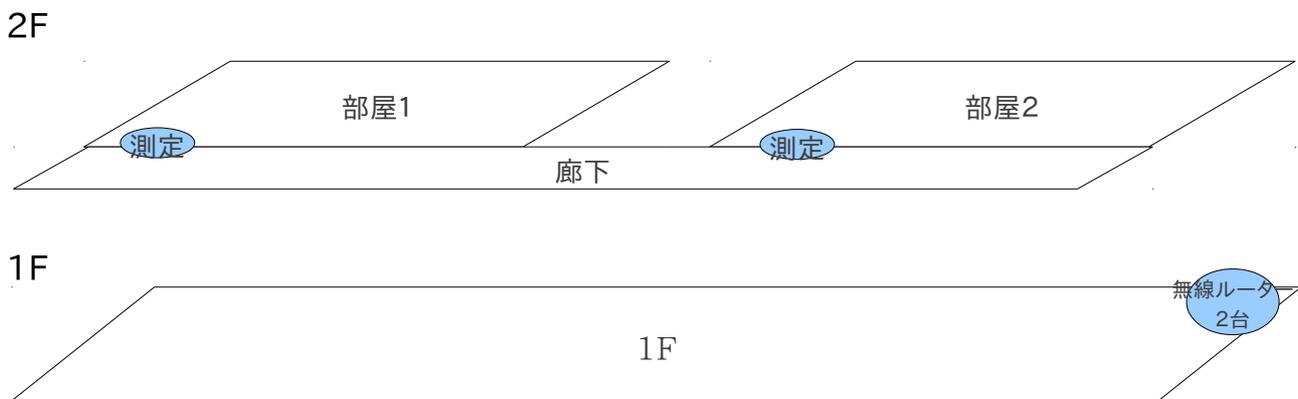


図 6,部屋と無線ルーターの配置関係

以下の図は部屋1と部屋2の実験結果である

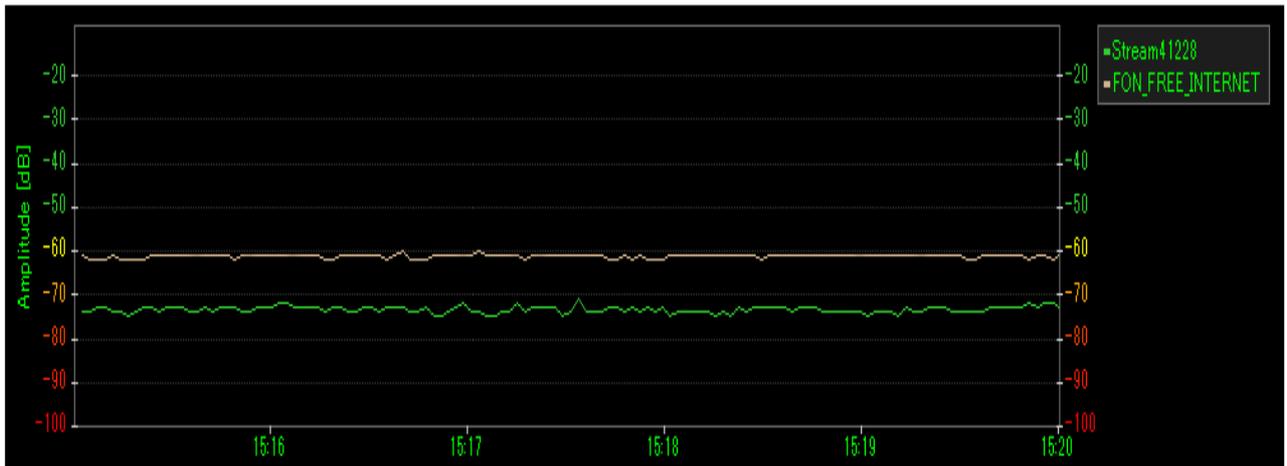


図7,実験1-2における部屋1の電波受信の強さ

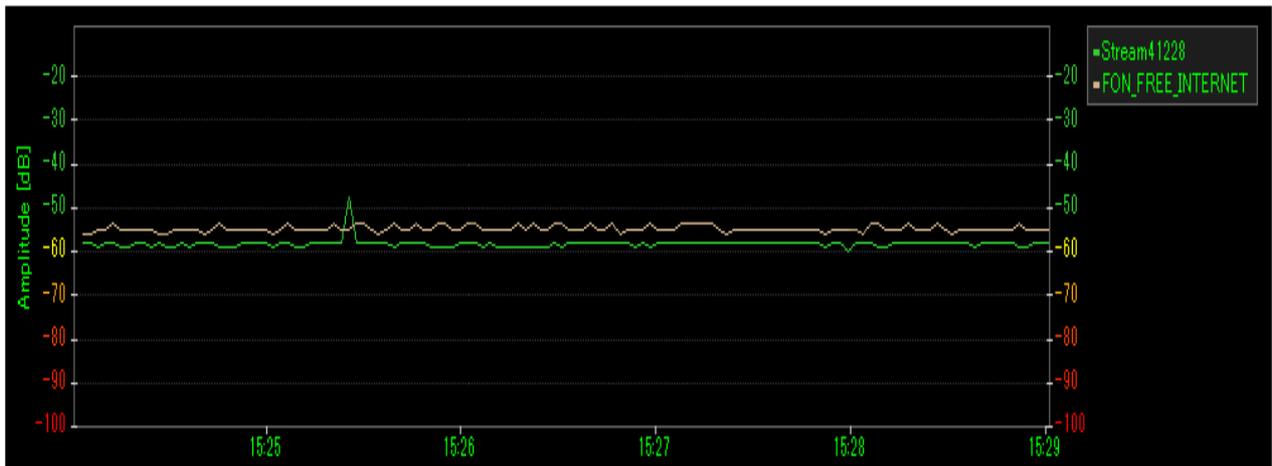


図8,実験1-1における部屋2の電波の強さ

図7,8よりx軸方向に1分ごとの計測した時間,y軸方向に電波の強さ(dB)を表示しており,電波が強くなるほど,x軸に近づく.

部屋1と部屋2では無線ルーターによって電波受信の強さが違うということが分かる.しかし,安定した結果が得られたものの、部屋1と部屋2において最大で約10 dBの差しか出ず,差は出たものもう少し大きく差がある方が部屋の識別に生かせるのではないかと考えられる.

5.1.3 実験1-2

実験1-1の結果を受け、電波受信の強さに差を出すためにルーターの配置を以下のように設定する。

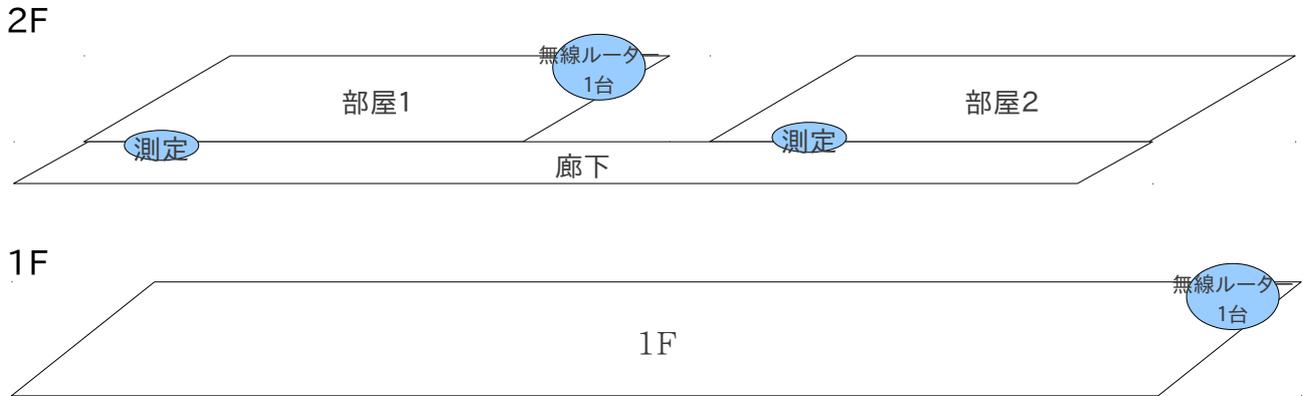


図9,部屋と無線ルーターの配置関係

実験1-1と同様に各部屋の入口付近、高さ1mの辺りで5分間測定を行った。stream41228を部屋1に配置した。以下の図は実験結果である。

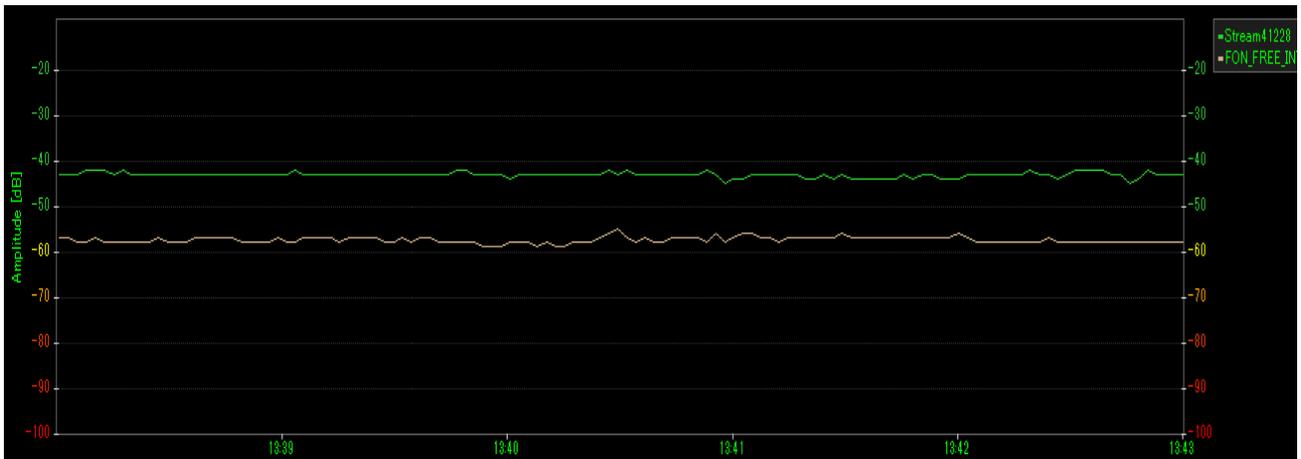


図10,実験1-2における部屋1の電波受信の強さ

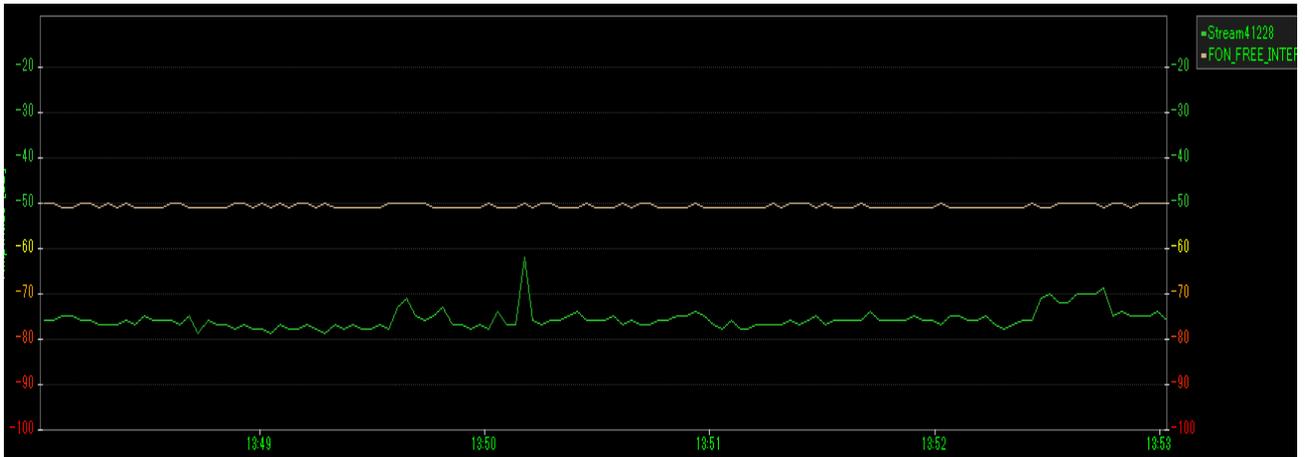


図 11,実験1-2における部屋2の電波の強さ

実験 1-1 と実験 1-2 を比較して明らかに実験 1-2 の方が部屋 1,部屋 2 それぞれに電波の受信の差があることが分かる。これは実験 1-1 より改善できたと考えられる。

5.1.4 考察

60 dB の強さの電波を基準にすれば2つの電波が60 dB を下回っていれば部屋 1、片方の電波が60 dB を下回っていれば部屋 2 と、部屋 1 か部屋 2 どちらか判別可能である。これにより、人の好みに合った照明,温度,BGM,映像などを部屋に対して設定するなどの利便性の向上が可能となる。

よって無線 LAN からの電波強度によって部屋を識別する手法は有効である。

5.2 消費電力を検討するための実験

提案したシステムは家電の消し忘れを防げるので,スマートフォンでコントロールした時どのくらいの省エネになるのか検証するため,消し忘れシュミレーターを作成した。

5.2.1 実験

シュミレーターの実験について,人のおよその生活時間である8:00~23:00の間を30分単位に分け7日間のデータを取ると想定し,部屋1と部屋2に滞在するようにするために srand 関数を用いてランダムに部屋1と部屋2を割り振り,部屋1から部屋2,部屋2から部屋1に移動する際には廊下の照明を on/off をすると設定する。そして一般人が物忘れする確率はヒューマンエラーとして約0.3%[5]である。これは $\frac{1}{334}$ 回の確率となる。

年齢を重ねるごとに物忘れを起す確率は増えていくので, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{150}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{10}$ という設定でも実験を行う。これらのデータより部屋1,部屋2,廊下の照明を消し忘れる確率を srand 関数を用いて算出する。1, 2をランダムで発生させ,1と出たら部屋1に,2と出たら部屋2にいと仮定し1から2,2から1になる際は廊下を通ると仮定するので廊下にいた事を記録する。また消し忘れの想定は,それぞれの数値をランダムで発生させ1がでたところを消し忘れが発生したとする。

またホームネットワークシステムとして家電連携が行われているため,他の家電も消し忘れがなくなった時に,どのくらい無駄な電力を削減できるか,照明のシュミレーター同様にテレビ,空調(エアコン)の消し忘れをシュミレーターの実験を行い,年間でどれくらいの消費電力が無駄となるか検証する.

5.2.2 実験結果と考察

以下の表は,作成した消し忘れシュミレーターの結果の例である.尚,照明の ON・OFF 消し忘れ発生の色分けは表 4 の通りである.

表 4,表の色分け

照明ON	
照明OFF	
消し忘れ発生	

表 5,シュミレーター実験の結果の例

1日目	部屋1	部屋2	廊下	消し忘れ確率
8:00	2	2		14
				69
8:30	2	2		27
				17
9:00	2	2		190
				305
9:30	2	2		260
				112
10:00	2	2		212
				188
10:30	2	2		102
				235
11:00	2	2		149
				1
11:30	1	1		240
				16
12:00	1	1		207
				150
12:30	1	1		167
				77
13:00	2	2		203
				240
13:30	2	2		156
				150
14:00	2	2		27
				39
14:30	1	1		231
				242
15:00	1	1		211

1日目	部屋1	部屋2	廊下	消し忘れ確率
16:00	2	2		186
				13
16:30	1	1		240
				42
17:00	2	2		318
				166
17:30	2	2		154
				195
18:00	2	2		19
				255
18:30	2	2		96
				167
19:00	2	2		202
				61
19:30	1	1		182
				75
20:00	1	1		211
				15
20:30	1	1		151
				79
21:00	1	1		255
				306
21:30	1	1		229
				281
22:00	1	1		11
				125
22:30	2	2		189
				221
23:00	2	2		243

表 5 は $\frac{1}{334}$ の確率でシュミレーターの実験を行ったもので,表 5 を 1 日分を表している.消し忘れ確率で1と表示されたところで消し忘れが発生したとする.

$\frac{1}{334}$ で実験を行ったとすると 1 日に消し忘れが 1 回起きるか起きないかの程度である.

以下の図は照明,空調,テレビを $\frac{1}{334}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{150}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{10}$ の確率で消し忘れシミュレーターの実験を行った結果をまとめたものである。

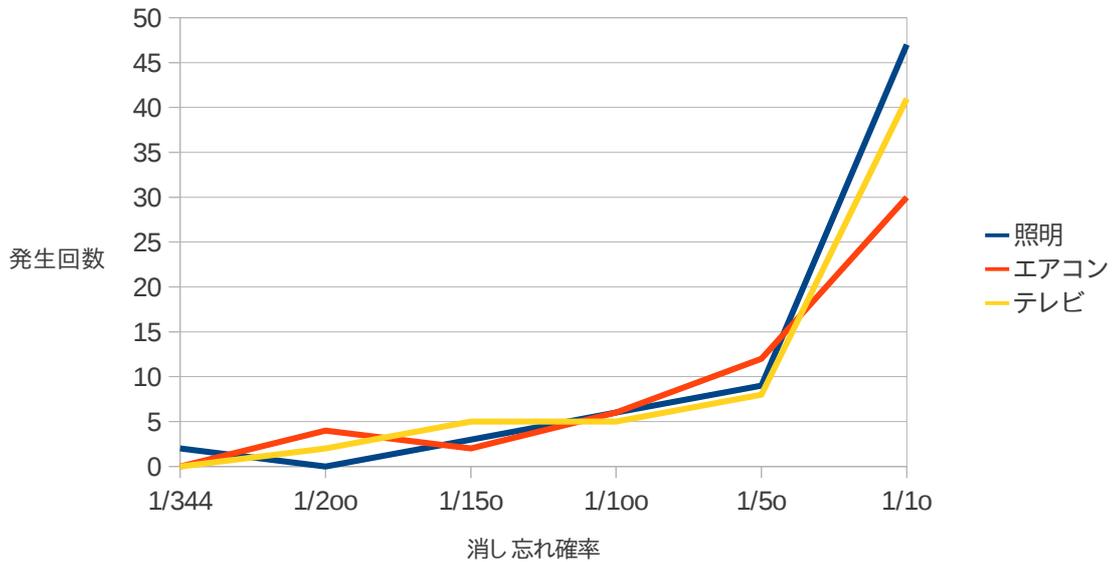


図 12, 3つの家電の消し忘れ発生回数

図 10 より確率が低いときは消し忘れがあまり発生しないと想定される。また確率が $\frac{1}{10}$ になった時は消し忘れの回数がかかなり増えていることが判る。

無駄な電力を算出するため照明,テレビ,エアコンのそれぞれの1時間あたりの電力消費量は, 100(Wh),60(Wh),560(Wh)とする。

年間で無駄な電力 (Wh) = 家電の W 数 (W) × 時間 (h) × 365 とする。

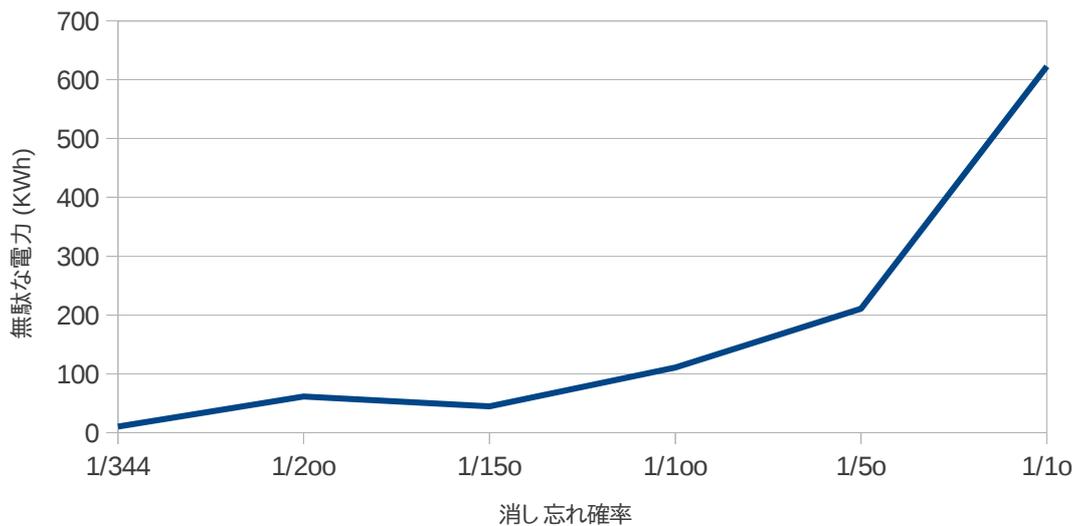


図 13, 消し忘れシミュレーターによる3つの家電の無駄な電力

図 13 は無駄な電力を示しており、完全に3つの家電を消し忘れる事なく作動すれば、シュミレーターでの1週間の実験を年間を通じて発生したとすると、年間の電力消費量が $\frac{1}{334}$ のとき、およそ 10.4(kWh)になり、 $\frac{1}{10}$ のときは 622.9(kWh)の無駄となる。

消し忘れの少ない若者にとっては利便性が無いと考えられるがホームネットワークシステムの目的である、個人個人の好みの設定に家電制御できるという点では有効であり、また老人、認知症の方などの利用者にとっては家電の消し忘れが防げ、なおかつ年間で約12%の電力消費が抑えられる事になる。

あくまでもシュミレーターによる実験なので、実際は家電の消し忘れ頻度、TVの型数、蛍光灯のW数、エアコンの設定温度等によって変わってくるが、提案したシステムを導入できれば、若者から年配といった幅広いユーザーで利用できるのではないかと考える。

第 6 章 まとめ

ホームネットワークシステムは家全体の家電を制御する事を目的として作られており、離れた場所においてもサーバから信号を送り家電を制御することができる。しかし、利用者の移動にあわせて照明、室温等の環境に対応できない事がある。そこでスマートフォンに搭載されているセンサーを使って、移動に伴う環境の変化をスマートフォンのセンサーで感知してその情報をもとに家電を制御可能なシステムができるのではないかと考えた。

提案手法で重要となる、利用者がどの部屋にいるのかを識別する機能の実用性を確かめるため、無線 LAN の親機からの電波強度によって部屋を識別する手法の実験を行い、1 度目の実験では電波強度に差が出なかったため、無線 LAN の親機の位置を変え再び実験を行ったところ、ある一定の強さの電波を基準にして、それよりも強いのか弱いのかを判別すれば、部屋の識別が可能である事を示した。

提案したシステムは移動に伴って家電を制御できるので、6 つの乱数を用いて、照明、エアコン、テレビの3つの家電を消し忘れが発生したかを検証を行い、そして6つの乱数を用いた3つの家電の消し忘れのデータをまとめ、無駄な電力の算出を行った。その結果、家電を消し忘れる確率の少ない若者にとってはホームネットワークシステムの目的である個人個人の好みの設定に家電制御できるという点が有効である。また、老人や認知症の方などの利用者にとっては家電の消し忘れが防げ、年間で約12%の電力消費が抑えられる事が判った。実際のアプリとして導入できれば、若者から年配といった幅広いユーザーで利用できると考えられる。

また今後の課題としては実際にスマートフォンのアプリとして導入するために、各家電との連携やスマートフォンのセンサーがどれくらい感知するのかをテストして、最終的にはアプリとして作りたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、様々なご指導頂きました三好教授には心より御礼申し上げます。また、多くの知識や示唆頂いた三好研究室の皆様には感謝します。

参考文献

- [1] Lanhome:ホームネットワーク(家庭内 LAN)の構築,
<http://www.lanhome.co.jp/network.html>
- [2] (株)松下電工 ライフィニティ
<http://denko.panasonic.biz/Ebox/densetsu/lifinity/>
- [3] 小林早春,新津善弘;リーダ家電による情報家電制御方式の検討
- [4] 三菱電機 ルームエアコン霧カ峰ムーブアイ
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/kirigamine/>
- [5] ヒューマンエラーはなぜ起る
<http://www015.upp.so-net.ne.jp/notgeld/humanerror.html>

付録

部屋の移動をランダムで行うプログラム

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int GetRandom(int min,int max);

int main(void)
{
    int i;

    srand((unsigned int)time(NULL));

    for (i = 0;i < 31;i++) {
        printf("%d¥n¥n",GetRandom(1,2));//1か2をランダムで出力
    }

    return 0;
}
```

```
int GetRandom(int min,int max)
{
    return min + (int)(rand()*(max-min+1.0)/(1.0+RAND_MAX));
}
```

ヒューマンエラーにより人が照明を消し忘れる確率を算出したプログラム

```
include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int GetRandom(int min,int max);

int main(void)
{
    int i;

    srand((unsigned int)time(NULL));

    for (i = 0;i < 61;i++) {
        printf("%d¥n",GetRandom(1,334));//1~334をランダムに出力→334分の1の確率
    }

    return 0;
}
```

```
int GetRandom(int min,int max)
{
    return min + (int)(rand()*(max-min+1.0)/(1.0+RAND_MAX));
}
```