

認知症患者向け家電制御のための IR センサと RFID を用いた状況認識手法

山本健太† 岩本健嗣† 松本三千人†

近年、認知症患者の増加が社会問題になっており、それによる事故や、介護者の負担も問題となっている。本研究では、認知症患者が家電を消し忘れる事による事故に着目し、家電消し忘れ時に、迅速に家電を停止し、事故を防止する状況認識手法を提案する。認知症患者は一般に、何かの機器を常に携帯するのが難しく、また、嫌がる傾向がある。そのため、本提案手法では、認知症患者にはセンサや機器を持たせず、部屋内の人数を IR センサから得られる特徴量から判断し、健常者のみ持たせた RFID タグを用いて、健常者と認知症患者の識別を行う。実験では、IR センサでの人数把握手法の評価を行った。本手法で提案した IR センサの特徴量を用いることで人数把握において高い正答率を得られることができた。

A Method of Determining Situation Using IR Sensor and RFID to Control Appliance for Dementia Patients

Kenta Yamamoto† Takeshi Iwamoto†
Michito Matsumoto†

Recently, old people that are called dementia patients have increases. They cause the accident and caregiver have a strain because increase them. In our research, we focus on accidents due to forget turning off the appliances. We propose a method of determining situation that for preventing accident and turning off the appliance as quickly as possible when they forget turning off the appliance. A dementia patient tends to forget and hate to hold devices. Therefore, in our method, dementia patients should not have any devices. Instead, healthy people have RFID tag. We count the number of people in the room from feature that we get from IR sensor. RFID distinguishes between dementia patients and healthy people. In experiments, we evaluated a capability of proposed method for counting the number of people.

1. はじめに

近年、認知症と呼ばれる、物忘れや思考能力の低下といった症状をもつ高齢者が増加しており、社会問題になっている。認知症には多くの症状があり、その程度によっては認知症患者を 1 人にすると危険な症状もある。そのため、介護者は外出を制限されるほどの生活を強いられている。

認知症患者を 1 人で家に残した場合、最も大きな介護者の心配として、ガスコンロ等の家電の消し忘れが挙げられる。認知症患者における消し忘れでは、単に家電の電源を切り忘れてだけではなく、多くの場合、消したと思い込んでおり、この点が危険性を増す要因となっている。例えば、ガスコンロの場合、調理後に自分では火を消したつもりでも実際は消えておらず、課題や事故につながるといったケースがある。ガス栓を閉めるといったような対策もとられてはいるが、認知症患者がガス栓を開けて料理をすることもあり、根本的な解決策とはなっていない。また、一般的な家電の安全停止機能は、時間によって一律に動作する物が多く、健常者が利用しても停止してしまったり、緊急性がある場合に対応できないといった問題がある。また、関連研究では、家電を制御し、ユーザに何かしらのサービスを提供する研究が行われている [1][2]。しかし、認知症患者を対象とした事故防止に関する研究は少ない。

本研究は認知症患者の家電の消し忘れ時に、迅速に家電を停止可能な状況認識システムの構築を目指す。本システムでは、家電の操作時、操作後の人、並びに操作した人を識別する事で、危険度を判断し、その危険度に応じて家電を制御する。これを実現するために、簡易に導入できるセンサを用いて、認知症患者と健常者を見分け、状況認識する手法を提案する。

2. 想定環境

本システムの想定環境として、認知症患者 1 人、健常者 2 人という家庭を想定する。以下に、想定環境で起こりうる部屋内での状況例を示す。

- (1) 想定状況例 1
 - 認知症患者が家電を操作
 - 家電操作時に部屋に健常者が誰もいない
 - 家電操作後に部屋には誰もいない
- (2) 想定状況例 2
 - 認知症患者が家電を操作
 - 家電操作時に部屋に健常者がいる
 - そのまま認知症患者、健常者が部屋に残る

† 富山県立大学大学院 工学研究科 情報システム工学専攻

想定状況例 1, 2 では, 家電の消し忘れの危険性は大きく異なる. 例 1 では, 認知症患者が家電を操作し, また, 家電がついていることを, 他の健常者が把握していないため, 電源を停止する必要性及び緊急性がある. そのため, 本研究では, このような場合には即時家電を停止する必要があると考える. 例 2 では, 例 1 と同様に認知症患者が家電を操作している. しかし, 健常者が家電の状況を把握しているため, 家電を消し忘れる危険性は低く, 電源を停止する必要性もない. この場合は, 家電を停止する事無く, 利用し続けられる事が望ましい.

これらの例のように, 認知症患者が存在する家庭においては, 状況に応じて, 家電を停止すべきかどうかを判断する必要がある.

2.1 危険度

2.1 節では, 2 つの状況例を示したが, 誰かが家電を操作した際, 部屋内では様々な状況が起こりうる. 本研究では各状況において, 家電を停止すべきかどうかを危険度として定義する. 実際には, 家電毎に, この危険度からしきい値を決定し, 緊急停止や, 家族への通知等のサービスを行う, といった対応を実現することを想定している. 表 1 に危険度を示す.

表 1 部屋内における危険度 1~9 (数字が小さいほど危険度が高い)

家電操作者	部屋にいた人	部屋の中にいる人数					
		0人	1人		2人		3人
			認1人	健1人	認1人	健2人	
認知症	健常者 いる	2	4	9	9	9	9
	健常者 いない	1	3	9	9	9	9
健常者	認知症患者 いる	5	8	9	9	9	9
	認知症患者 いない	5	7	9	9	9	9

本研究では, 以下の3つの項目に着目し, 危険度を定義した.

- 操作者
電源を入れるなどの家電の操作を行った者が健常者もしくは, 認知症患者なのか
- 操作時に部屋にいた人
家電が操作されたときに, 健常者がいたか, もしくは認知症患者のみか
- 操作後の部屋にいた人
今現在, 部屋に健常者, もしくは認知症患者がいるかどうか

もっとも重要な要素は操作者であり, 認知症患者が操作した場合, 家電の消し忘れの可能性が高いため, 危険度が最も大きくなる. 家電操作後に部屋にいる人数が 2 人または 3 人, もしくは健常者が 1 人の場合, 健常者が必ず部屋にいて家電の状態を把握しているため, 危険度は低く, 同じ危険度とした.

3. 状況認識手法

前節で述べた危険度を判断するためには, 家電が操作された時や, その後, 部屋に存在する人数, ならびに, それが認知症患者と健常者のどちらなのかを識別する必要がある. 本節では, これらの状況を認識する手法について述べる.

3.1 認知症患者を対象とすることによる要件

認知症患者の症状として, 何か所持させると, それを所持していたことを忘れてたり, 嫌がる傾向がある. 例えば, 携帯電話や GPS などを所持させると, それらをどこかに置いてしまったり, 持つのを嫌がったり, そのまま忘れてしまうといったケースが報告されている.

よって, 本手法の要件として, 認知症患者には何も持たせない. この要件を満たした識別手法として RFID と IR センサを使い, 人数把握, ならびに認知症患者と健常者の識別を行う. 2 つの機器による識別手法を表 2 に示す.

表 2 本システムの識別手法

人数把握	IR センサ
健常者識別	RFID で把握

認知症患者は何も所持せず, 健常者は RFID タグを所持する. IR センサを使い部屋にいる人数を判断し, RFID を用いて健常者の数を判断する. 部屋にいる人数から RFID タグの数を差し引くことによって, 認知症患者の有無を特定することができる.

3.2 使用機器

本研究では利用する IR センサと RFID について述べる。



図 1 IR センサ



図 2 RFID

(1) IR センサ

本システムでは、パナソニック社の「ナピオン」(図 1) を使用する。ナピオンは、焦電センサとしての必要な機能が組み込んであるため、小型かつ高性能の人体検出赤外線センサである。ナピオンを用いて、部屋内の人数を把握する。状況把握手法については、3.3 節で述べる。

(2) RFID

本システムでは、アクティブ型 RFID である NTT 社の「NIRE_TYPE2」(図 2) を使用する。表 3 に NIRE_TYPE2 の仕様を示す。

表 3 RFID の性能

項目	仕様
無線周波数	312.2MHz
通信レンジ	～50m(最大)
寸法	リーダ 140(幅)×99(奥行き)×40(高さ)mm
	タグ 64(幅)×34(奥行き)×10(高さ)mm
重量	タグ 18g リーダ 370g
タグの送信周期	3 秒

(3) PICNIC

PINIC (PIC Network Interface Card) は、家電の電源が操作可能であり、PIC 上でプログラムが実行可能である。したがって、PICNIC を制御ソフトウェアから操作するシステムを構築する。IR センサ、RFID から取得した情報をもとに制御ソフトウ

エアが PICNIC を用いて家電を制御する。制御ソフトウェアが操作するため、人の手を加えることなく家電自らが制御できる。本制御ソフトウェアは Java を用いて実装する。

3.3 IR センサを用いた人数の識別

3.1 節でも述べたように、本手法は IR センサで部屋の人数を把握し、RFID で健常者と認知症患者の識別する。一般的に、IR センサを用いる事で、部屋にいる人が発する赤外線量を測定する事が出来るが、センサと人との距離や体格によって検知量が変化するため、その総量だけでは、人数を把握する事は難しい。

本システムで使用する IR センサは、赤外線の色を検出するタイプではなく、赤外線量の変化から人の動きを検出するセンサである。人の動きを検出すると、IR センサの出力電圧が変化する。この IR センサを用いて、部屋内にいる人数をカウントする手法について述べる。次の図 3、図 4、図 5 に、IR センサの前にそれぞれ 1 人、2 人、3 人いた場合における、出力電圧の変化の例を示す。IR センサのサンプリング周波数は 16Hz とした。

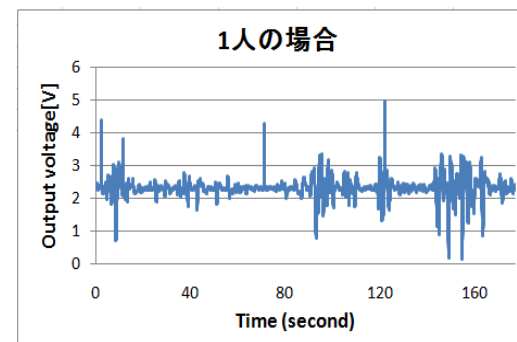


図 3 1 人の場合における出力電圧

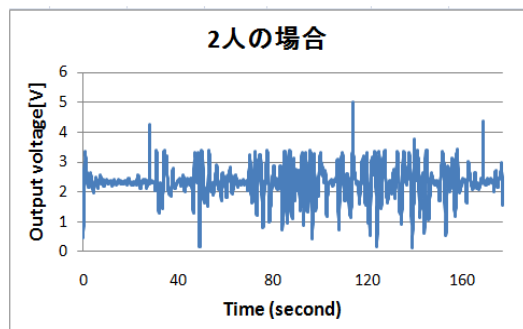


図4 2人の場合における出力電圧

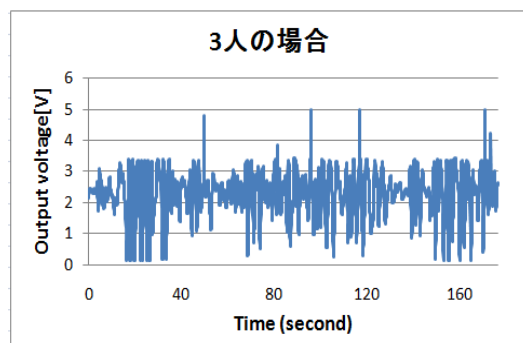


図5 3人の場合における出力電圧

本研究で利用した IR センサは、人の動きを検出しないとき、1.9[V]~2.4[V]を出力する。IR センサが動きを検出した時、出力電圧は 2.4[V]以上、もしくは 1.9[V]未満を出力する。これらの出力を、シンボル化し、2.4[V]以上の出力を「1」、1.9[V]~2.4[V]の間での出力を「0」、1.9[V]未満の出力を「-1」とする。

人数の判断のために、連続する出力電圧から 4 つの特徴量を抽出する。図から、「-1」や「1」の出力回数の頻度が、人数の違いによって変化することがわかる。人数が多いほど、人の動きを検出しやすくなり、出力頻度が多くなり、人数が少ない場合、出力頻度は減少し、逆に「0」の出力頻度が増加する。したがって、「0」「1」「-1」の出力頻度をそれぞれ、特徴量として抽出する。

さらに本手法では、「0」のシンボルの平均連続出現回数を推定の特徴量として用い

る。「0」は動きが検出されていない時出現するシンボルであるため、部屋にいる人数が増えるごとに「0」の出現回数は減少していき、それに加えて連続して「0」が現れにくくなると考えられる。これら 4 つの特徴量から、部屋にいる人数を推定する。

3.4 システム構成

本手法を用いて、実際に家電を制御するシステムを設計した。本システムは 3 つの機器 (IR センサ、RFID、PICNIC) と、制御ソフトウェアが動作する PC から構成される。PICNIC (PIC Network Interface Card) は、家電の電源が操作可能マイコンボードで、PIC 上でプログラムが実行可能であり、またネットワークインタフェースを持つ。IR センサ、RFID から取得した情報をもとに制御ソフトウェアが危険度を判断し、PICNIC を用いて家電を制御する。以下の図 6 に構成図を示す。

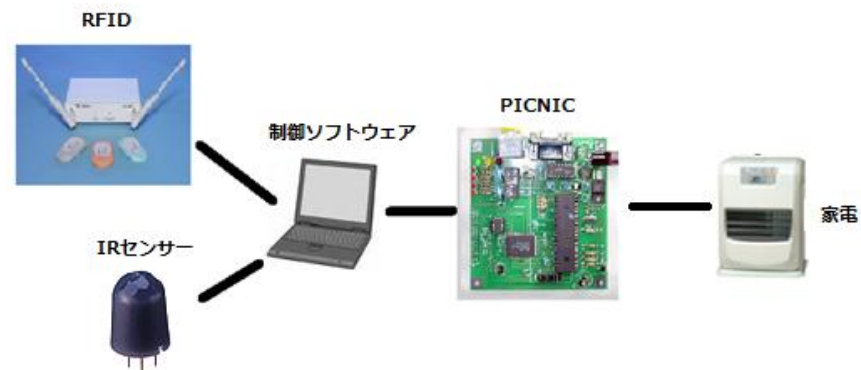


図6 システム構成図

本システムは 3 つの手順で動作する。第 1 に、3.3 節で述べた、IR センサを用いた人数把握を行う。第 2 に、RFID により認知症患者か健常者の区別を行う。例として、IR センサで部屋の人数が 2 人と判断した場合、RFID タグの反応が 1 つあれば、健常者が 1 人、認知症患者が 1 人となる。また、RFID タグの反応が 2 つあれば、健常者が 2 人いて、認知症患者は部屋の中にはいないことになる。第 3 に、上述の健常者、認知症患者の状況から、危険度を決定し、必要に応じて PICNIC で家電制御の判断をする。危険度の判断基準は、2.2 節の表 1 をもとに判断する。しかし、危険度が同じであっても、家電の種類によって実際の緊急性などは違うため、家電に合わせて判断基準を変える必要がある。

4. 評価

本節では、3節で提案した IR センサ、RFID を用いての状況認識手法の有効性を評価する。

4.1 IR センサを用いた人数把握手法の評価

3節での状況判断手法における4つの特徴量を用いて、人数把握の正確性を評価した。

実験では、想定環境と同じ認知症患者1人、健常者2人という被験者3人という想定で、それぞれの人数において、データマイニングツールの「weka」を使用し、人数判断における正答率を調べた。使用するデータとしては、以下の4つの特徴量を使用する。

- シンボル「1」の出力結果全体に含まれる割合
- シンボル「0」の出力結果全体に含まれる割合
- シンボル「-1」の出力結果全体に含まれる割合
- シンボル「0」が出力結果全体に出現した平均連続回数

各特徴量は、256 サンプル区間毎に抽出し、人数毎に、2748 区間のデータを用いた。

以下の表4に6つの推定アルゴリズムを用いた結果を示す。また、本手法で提案した特徴量であるシンボル「0」の平均連続出現回数について、人数判断に有効かどうかを調べるために、各アルゴリズムに対して、「0」の連続出現回数を特徴量に含めた場合と、含めない場合での評価を行った。

表4 推定アルゴリズム毎の正答率

アルゴリズム	「0」の連続出現回数を含む	「0」の連続出現回数を含まない
NaiveBayes	61.0%	58.2%
SMO	60.4%	59.7%
NeuralNetwork	60.4%	60.0%
IBk	89.2%	81.2%
KStar	80.4%	69.2%
J48	92.3%	83.1%

表4より、「0」の平均出現連続回数を含めた正答率の方が、アルゴリズムによって差はあるが、含めない場合よりも正答率が高くなった。したがって、シンボルである「0」「1」「-1」の割合だけを特徴量として用いるのではなく、本手法で提案した「0」の平均連続出現回数を特徴量として用いることで、人数判断ではより高い正答率を得られることが分かった。

これらの推定アルゴリズムのうち、最も結果が良かった J48 の詳細な結果を以下の表5に示す。

表5 J48 を用いた人数判断における正答率

	正答率
1人	94.4%
2人	92.4%
3人	90.0%
平均	92.3%

各人数の状況において、平均正答率が92.3%という高い正答率を得ることができた。しかし、2人、3人の正答率は、1人の場合に比べて低くなっている。しかし、本手法では、3.1節でも述べたように、人数判断の後、RFID を用いて認知症患者と健常者を区別する。そのため、2人以上の場合、必ず健常者が含まれるため、タグの数を全体の数から差し引くことででも人数の判断が可能である。したがって、本実験では、1人かそれ以外を判断できればよい。以下の表6に、2人の場合と3人の場合の区別をなくした場合における人数判断の正答率を示す。

表6 1人とそれ以外を識別する際の正答率

	正答率
1人	94.6%
2人 or 3人	97.3%
合計	96.4%

2人と3人の区別をなくした場合の方が、それぞれの人数を判断するよりも高い精度を得ることができた。この結果から、IR センサでの人数判断はRFID と組み合わせることでより高い精度が得られることが分かった。

4.2 RFIDにおける感知強度及び測定範囲

本手法では、RFIDで健常者の人数を把握する。RFIDの感知範囲が狭い、あるいは部屋の外まで感知してしまうと、正確な人数が把握できない。そのため今回利用したNIRE_TYPE2を用いて、適切な感知範囲の設定が可能かどうか調査した。

NIRE_TYPE2は、タグリーダーがタグの情報を受信するとき、受信強度、タグ情報の受信回数を取得できる。したがって、それを利用し、実際に家電を使用する部屋を想定し、RFIDの感知範囲及び、受信強度を調べた。また、より実環境に近づけて計測を行うため、生活する上で常にRFIDタグを手に持ちながらの生活は困難であることから、RFIDタグは被験者のポケットに入れて計測を行う。

測定環境は、6m×8mの部屋で行い、リーダーの受信感度を変更していき、RFIDタグの感知強度及び測定範囲を計測した。リーダーの受信感度は61~110まで変更が可能であり、本実験では、被験者に1mごとにタグを所持して立ってもらい徐々に受信感度を低くしていった。次の図7, 8, 9にそれぞれの受信感度で計測した結果を示す。

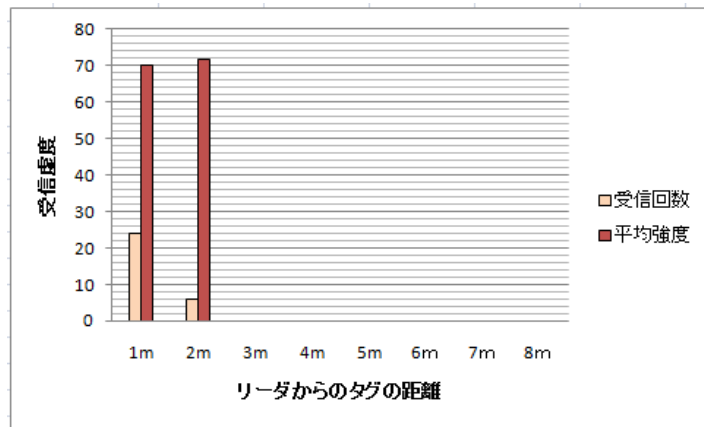


図7 受信感度70の場合における計測結果

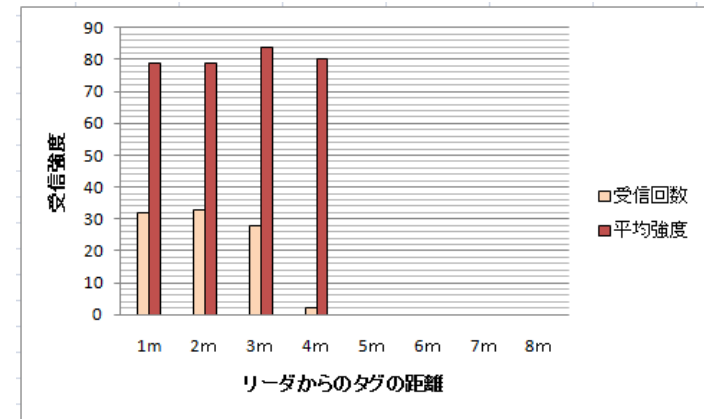


図8 受信感度83の場合における計測結果

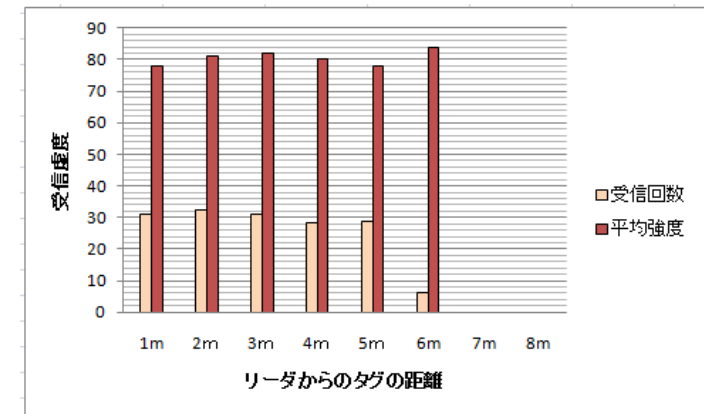


図9 受信感度93の場合における計測結果

図7, 8, 9より、リーダーの受信感度を変更していくことで、タグの計測距離が伸びた。受信回数は4秒に1回のペースで受信しているため、リアルタイムに部屋の状況が判断できることが分かった。また、受信強度はタグの距離によって変化がなく、受信回数が急激に落ち込む特性があり、リーダーの受信感度を変更することで、部屋の大きさに合わせた適切な検知範囲を設定できる事がわかった。実験では、実験環境の部屋の外を感知しない受信感度で行ったが、部屋の大きさに合わせて、受信感度を変更

することで、より広い空間でも RFID タグを検知でき、部屋の状況を把握できると考えられる。

5. おわりに

本研究では、認知症患者による、家電の消し忘れによる事故防止のための、状況認識手法を提案した。認知症患者特有の問題として、センサや機器等を持たせる事が難しいという要件を踏まえ、IR センサと RFID を組み合わせて状況を把握する手法を提案した。具体的には、IR センサを用いて全体の人数の把握を行い、健常者のみが持つ RFID タグを数える事で、健常者と認知症患者の識別を行う。

また、実験から、人の動きを検知するタイプの IR センサによって、3 人程度の家庭において人数の把握が十分に可能である事がわかった。また、RFID と組み合わせることで、より高い精度での人数判断が可能であることが分かった。

今後の課題として、今回行った実験は、部屋に遮蔽物となるものが一つもない理想的な環境で行ったが、より実環境に近づけ、テーブル、タンスが置いてあるような環境下での本手法の検証が必要だと考えられる。

参考文献

- [1] 入沢正寿, 月江伸弘, 松永俊雄: 家庭内生活移動に連動した情報家電制御方式に関する一考察, 電子情報通信学会, pp411, 2007
- [2] 川原圭博, 司化, 猪鹿倉知広, 登内敏夫, 森川博之, 青山友紀: 行動履歴と制約条件を考慮した情報家電制御機構, 情報処理学会, pp55-60, Feb.2006
- [3] 長谷川沙織, 下山典久, 三田彰; 焦電型赤外線センサを用いた室内生活空間における人間の行動把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp417-418, Sep.2008
- [4] パナソニック, 焦電型 MP モーションセンサ「ナビオン」
<http://panasonic-denko.co.jp/ac/j/control/sensor/human/napion/index.jsp>
- [5] TriState, PICNIC の広場, <http://www.tristate.ne.jp/picnic.htm>
- [6] 作りながら学ぶ初めてのセンサ回路<第 12 回>, トランジスタ技術 12 月号, pp109-110
- [7] Think'IT, RFID タグの動作原理, <http://www.thinkit.co.jp/cert/article/0603/3/1/2.htm>
- [8] Weka3 Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java
<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>