

# 変動フレームレート動画像からの 人物動き検出の一手法

山田 健仁\*      百田 正広\*

## A Detecting Method for a Human Motion in a Varying Frame-Rate Image Sequence

Takehito YAMADA and Masahiro MOMOTA

### Abstract

This paper describes a detecting method for a human motion in a varying frame-rate video camera image sequence using the differentiation images with compensated background images. The video camera image sequence through a computer-network usually serves the varying frame-rate images, because of the non-real-time characteristics of the network. We propose a human motion detecting method in the varying frame-rate images. We have implemented the method on a personal computer, which is used HALCON image processing language on Linux operating system. The image processing method was evaluated in experiments under various frame-rate image sequences. Consequently, we clarified that the frame-rates need more than three frames/sec in this method to achieve almost the same motion detecting performance at the high frame-rate images.

Key Words : Video, Image Processing, Human Motion, Frame-rate, Network

### 1. まえがき

デジタルビデオカメラなどの画像記録機器の発達やコンピュータ（以下PC）上での画像処理技術の普及に伴い、画像を使った監視システムの実用化が多く分野で進められている<sup>1),2)</sup>。一方、携帯電話を代表とする電話通信網を中心に各種ネットワークシステム（WAN, LAN）の展開が急激に進んでおり、携帯電話やPC上で、動画を伴う情報通信が常態化してきている。例えば、インターネットライブカメラ利用技術の発展は目覚ましいものがあり<sup>3)</sup>、どこからでも容易に遠隔画像が入手できる技術が確立されてきている。

本研究は、ネットワークシステム上での画像を利用した監視システムにおいて、監視対象物の挙動を検出する基本技術を確立することを目的としている。

本研究では、病床中の患者の挙動を監視対象とした。現在、一部病院では看護師の不足や夜間看護の負担を軽減するため、病床中の患者をTVモニターで監視するシステムを導入している。特に、術後患者や小児患者の看護は、常時監視の必要性が高く看護師の負担も大きい。監視システムの重要性が増してきている。しかしながら、現状では看護師が患者の状態をモニターカメラなどを通して適宜監視し、緊急看護の要不要を判断する必要があるため、看護師の負担は依然として

---

\*情報電子工学科

大きいものがある。PCを使った監視の自動化により、このような状況を緩和することが考えられるが、それには監視対象である患者の動きを検出し、評価する機能を実現しなければならない。このPCによる対象物の動き検出における問題の一つとして、コンピュータネットワークを介した動画のフレームレートが、多くの場合変動するということがある。ここでは、このような変動フレーム動画から、監視対象の動きを検出するための画像処理手順について提案するとともに、実験によりその有効性と問題点を明らかにする。

## 2. 動き検出のための動画処理

### 2.1 動き検出の概要

図1に動き検出の概略をフローチャートで示す。最初に1フレーム画像を読み込み、監視領域を指定する。監視領域の指定は、監視者がマウスのドラッグ操作により、PCのモニタ画面上で監視領域を囲むことにより実行する。これは、監視対象が病床中の患者であることから、監視対象を指定する操作に困難さが伴わないため、このような設定にした。勿論、監視領域設定に関しては、解析対象画像中の病床を固定座標として、監視領域を自動的に設定することも可能である。

画像の解析は、2.2で述べる手順に従って実行する。監視対象の抽出は、背景画像を $f(m,n)$ として、

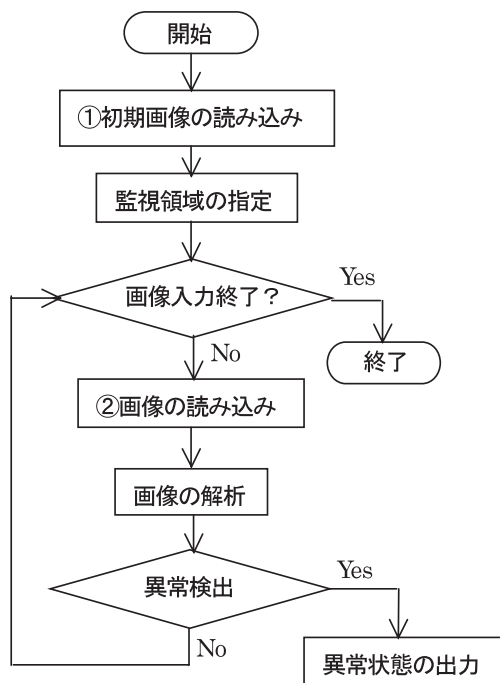


図1 人物動き検出のフロー

背景画像中において動く対象物を含む画像を $g(m,n)$ とすると、抽出すべき動く対象物の画像は、式(1)で表せる。なお、 $m,n$ は2次元の画素の座標であり、 $f(m,n)$ 、 $g(m,n)$ は、各画素の輝度である。

$$s(m,n) = |f(m,n) - g(m,n)| \quad (1)$$

従って、図1中の①の初期画像の読み込みの際に、基準となる背景画像を抽出することが必要になる。また、②の画像の読み込みで対象物と背景の画像を読み込み、画像解析において対象物の抽出(対象物の動き検出)を行うことになる。この際、問題になるのは、背景画像が必ずしも初期状態と同じでは無いことである。例えば、背景画像の明暗は照明の変化などにより変化する。特に、本研究で仮定している変動フレームレート動画に置いては、背景画像の変化の影響が大きくなることが予想される。従って、対象物を抽出する際、背景画像の変化を考慮して抽出する必要がある。ここでは、背景画像の変化を図2の構成ブロック図に示すカルマンフィルタ<sup>4)</sup>により適応し、前景画像(対象物の動き)を抽出する手法を採用した。

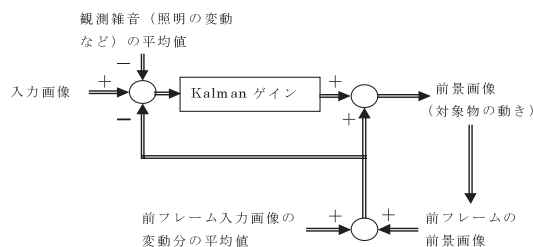


図2 カルマンフィルタの構成ブロック図

異常検出では、画像の解析により抽出した対象物の動きを示す画素を連結し、動きの範囲を特定する。対象物の動きを示す画素は、基本的には式(1)で示される差分画像となるため、差分点は離散点となり易い。ここでは、差分点を連結し、動きの範囲を大きく捉えるようにした。これは、異常状態を検出する場合が増加することになるが、フェイルセーフの観点から妥当と考えた。

異常状態の出力では、差分画像連結で求めた対象物の動きが、監視領域を逸脱した状態で、エラーを出力する形式として実現する。これに関しては、逸脱状態となることが緊急性を要する状態であるため、十分な応答出力と言えるが、どの部分が逸脱したのか、どの程度の速度で逸脱したのかなど、逸脱状態を定量化して応答する手法を開発することは、画像認識の観点から興味あるテーマである。

## 2. 2 動き検出の手順

2. 1で述べたように、動き検出における監視領域は、マウスなどの入力デバイスを使って、監視者により設定される。監視動き検出の全体は、主に以下に示す7つの手順により実施される。

### 1) 初期背景画像の生成と初期化

検出対象が動いていない状態の画像を初期画像として取得し、初期推定背景画像を生成する。

### 2) 背景画像の適応と前景画像の抽出

新たな監視画像を入力し、各画素上でカルマンフィルタを適用して背景画像を適応させる。その結果を元に前景画像（対象物の動き）を抽出する。つまり、背景画像の変動を補正することにより、対象物の動き画像を求める際の誤差を少なくすることになる。

### 3) 領域の連結成分の計算

2)の処理で求めた前景画像における各画素の8近傍画素を連結する。これにより離散的な点画像になりやすい差分画像を一塊の動きを示す画像として捉え、対象物の動きを明確にする。

### 4) 2つの領域の交差領域計算

対象物の前景画像（差分画像）と予め設定しておいた監視領域の交わりを計算する。これにより、監視領域内における動き画像が求まる。

### 5) 条件付き領域の選択

監視領域内の差分画像には、陰影などに伴う対象物の動き以外の差分画像（雑音）も含まれる。ここでは、動き画像の面積（画素数）の上下限を設定し、雑音成分の除去を行う。

### 6) 領域の形状変換（差分画像の楕円近似）

ある程度雑音の除去された、監視領域内の動き画像をその領域と同じモーメントおよび面積をもつ楕円に近似する。これにより、監視領域内での対象物の動きをより分かりやすく捉えることが出来る。本研究では、フレームレートが変動することを前提としているため、動き画像の面積の変動は、固定の高フレームレート動画で動き画像を求めた場合より大きくなる。従って、監視対象物の動きを、出来るだけ大きな動きとして捉え、検出漏れが無い方向になるような手法として、動き画像の楕円近似を行った。

### 7) 推定された背景画像の変更

監視領域内の画像のグレイ値を基準として、推定背景画像の更新を行う。

以下、2)の手順に戻り、対象物の画像解析と図1のフローに従った異常検出を継続する。

## 3. 実験と評価

### 3. 1 実験方法と動き検出の実験結果

2. 2で述べた動き検出の手順は、PC上の画像処理言語Halcon<sup>5)</sup> (Linux版)により実装した。

表1に実験システムの構成を示す。実験で使用した画像は、ノートPCのMS-Windows上で動作するCardBus対応の汎用画像キャプチャカード(MSVCC03:日立超LSIシステムズ社製)により取得したもので、30フレーム/秒のAVI形式の動画をフレーム毎の画像に分割し、TIFF形式の画像に変換し、フレーム毎の画像ファイルとしたものである。

図3に解析に使用した画像の一例を示す。図のように解析対象の画像は、ベッド上に横たわっている人物である。本実験では、解析を単純化して変動フレームレートの影響を分かりやすくするために毛布などを取り除いた状態としている。これは、病床中の人物の状態とは異なるが、監視対象として仮定している重篤患者などの場合、毛布などはほとんど掛けないため、大きな違いは生じないと考えられる。毛布などの薄い布の存在による動き検出への影響に関しては、今後の検討課題である。

図4は、監視領域を解析画像内に表示した例である。図中の格子で表示された領域が監視領域で、この領域を越える動きが検出されたとき、監視対象人物が異常な状態（危険な状態）にあると判断し、2. 1で述べたようにエラーを監視者へ報告する。

表1 実験システムの構成

PC	PentiumIII 500MHz
OS	Linux (Kernel-2.2.13)
画像処理言語	Halcon Ver. 5.2.3
画像形式	TIFF形式



図3 解析画像の例（初期画像）

図5～7は、画像解析の各段階の解析結果を画像として表示したものである。図5は手順2)、3)を適用した後の解析結果を解析画像内に表示した例である。足先、ベッドの縁、背景などに差分が求まっている。この対象物の動き以外の差分画像(雑音)は、主に照明の変化による陰影の変動により生じたものである。



図4 監視領域の設定

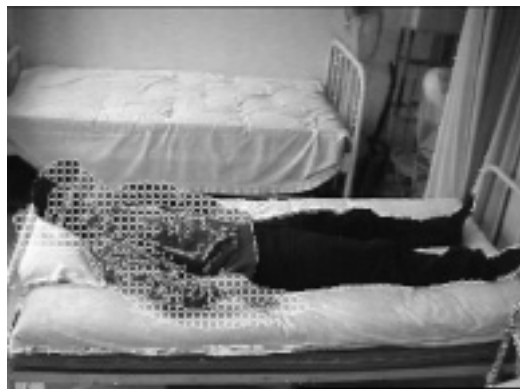


図5 差分画像(差分連結後)

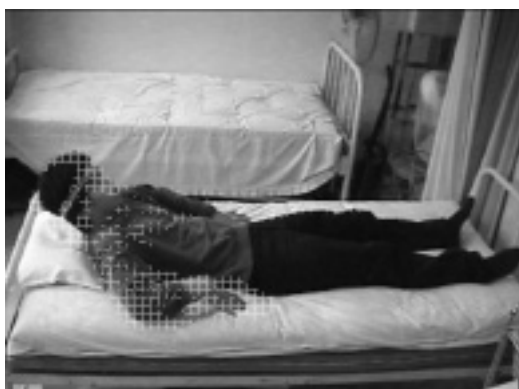


図6 監視領域内の差分画像

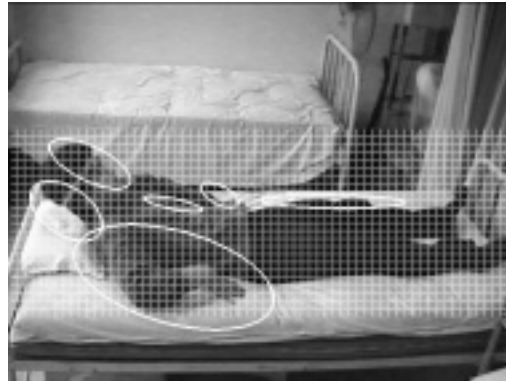


図7 動き検出画像の楕円近似

図6は、手順4)、5)を適用した後の解析結果を解析画像内に表示した例である。監視領域内の動き画像のみが抽出されており、監視対象人物の起き上がる動きが検出できていることが分かる。

図7は、手順6)を適用した後の解析結果と監視領域を解析画像内に同時に表示した例である。この画像より、監視対象人物の動きを検出した結果を楕円形状に近似することにより、動きが判断しやすくなっていることが分かる。この楕円が監視領域を逸脱したときを異常状態と判断することになる。

### 3.2 評価手法と評価結果

評価実験では、フレームレートを変動させた動画像に対して本手法を適用し、変動の影響を楕円近似した動き検出画像の面積(画素数)の時間変化を比較することにより検討した。30フレーム/秒、15フレーム/秒、3フレーム/秒、1フレーム/秒の固定フレームレートについてと、3～30フレーム/秒、1～30フレーム/秒の間でフレームレートがランダム変動する変動フレームレートについて評価した。解析対象の画像は、3.1で述べた手法で取得したAVI形式の動画像より分割作成したTIFF形式のフレーム毎の画像から、各フレームをフレームレートに合うように選択すること(フレーム飛ばし)により生成した。評価の画像には、3.1で示したベッドの横から撮影した画像の他に、図8に示すベッドの正面から、図9に示すベッドの斜めから撮影した画像を使用した。なお、フレームレートの違いによる影響は、監視対象人物の動く速度に依存することは明らかであるが、ここでは病床中の患者を想定し、評価対象人物は約4秒程度のゆっくりとした起き上がり動作をすることにした。

上述した各々のフレームレートの画像に対して、3.1に例示した解析画像を求めたが、この解析画像結果

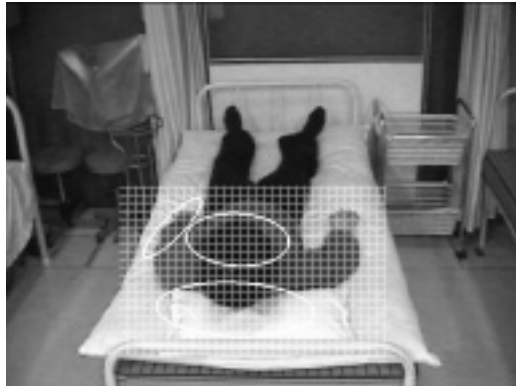


図8 解析画像結果例 (ベッドの正面からの撮影)

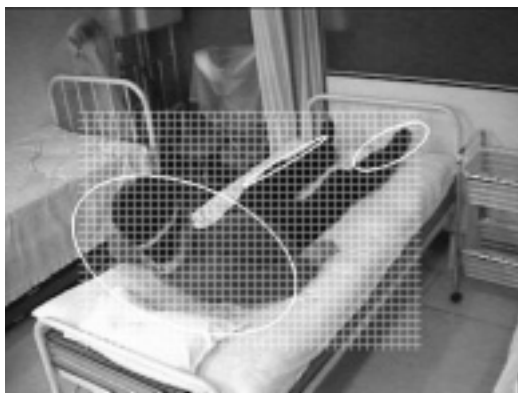


図9 解析画像結果例 (ベッドの斜めから撮影)

からだけでは、変動フレームレートの影響は評価できない。そこで、動き検出画像の楕円近似で求めた等価的な差分画像の面積、すなわち各楕円の画素数を求め、その画素数の総和を動き検出の評価値とした。この評価値の時間変化(フレーム毎の変化)で、固定フレームレートにおけるレート値の影響、及び、変動フレームレートの影響を評価した。なお、フレーム番号毎に評価値を求めたが、当然のことながらフレームレートが高い場合は、画像間の変化が小さいため評価値が0になることが多い。従って、評価値が0になった場合は、前フレームにおける評価値に置き換える操作を施した。

図10、11は、ベッドの横から撮影した画像に対する評価結果、図12、13は、ベッドの正面から撮影した画像に対する評価結果、図14、15は、ベッドの斜め横から撮影した画像に対する評価結果である。

図10、12、14から分かるように固定フレームレートの場合、30フレーム/秒と15フレーム/秒間では、フレーム毎の評価値の変化状態に大きな差は見られない。勿論これは、監視対象人物の動く速度

に依存するが、約4秒程度で起き上がる動作をする人物画像から、人物の動きが十分に検出できており、固定フレームレートでは15フレーム/秒以上であれば実用上問題ないと考えられる。一方、3フレーム/秒、1フレーム/秒の場合は、30フレーム/秒における評価値の変化状態と大きく異なっており、動き検出が十分に行われてないことが分かる。しかし、この場合であっても、監視対象人物が監視領域を逸脱したかどうかの判定は可能であるため、低フレームレート動画による監視がある程度可能であることが、これらの結果からいえる。

一方、図11、13、15の変動フレームレートの場合、フレームレートが3~30フレーム/秒以内の変動であれば、フレーム毎の評価値の変化状態は、固定フレームレートの15フレーム/秒の場合とほぼ同様の変化状態であることが分かる。また、フレームレートが1~30フレーム/秒の変動をする場合は、固定フレームレートの1フレーム/秒の場合と同程度の動き検出しか期待できないことが分かる。当然のこと

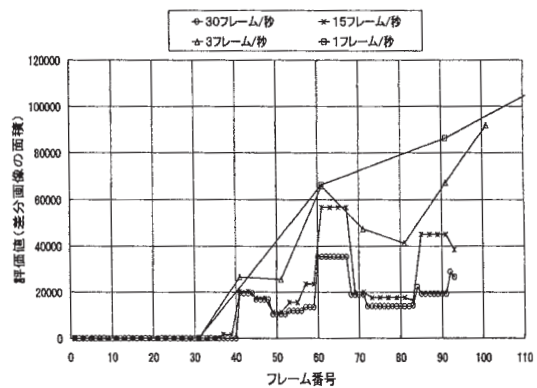


図10 フレーム毎の評価値 (横からの撮影)

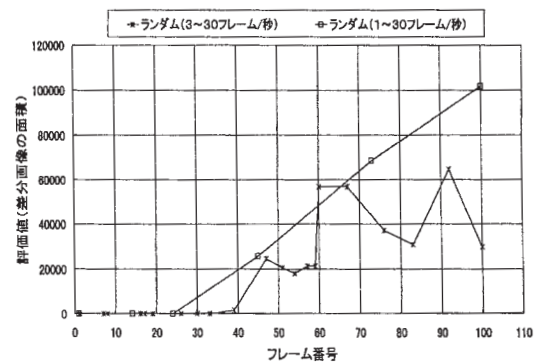


図11 フレーム毎の評価値 (横からの撮影)

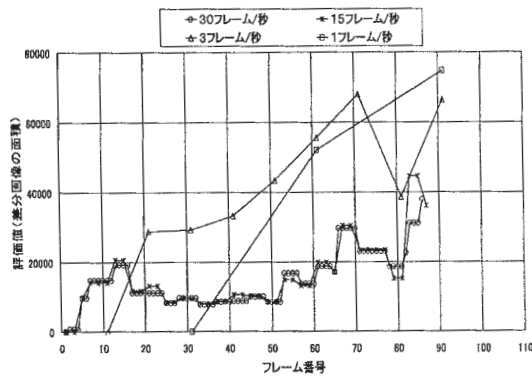


図12 フレーム毎の評価値 (正面からの撮影)

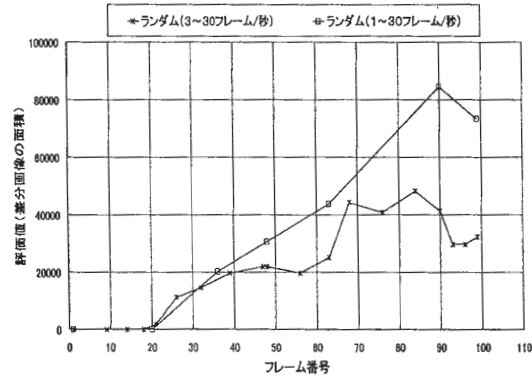


図15 フレーム毎の評価値 (斜めからの撮影)

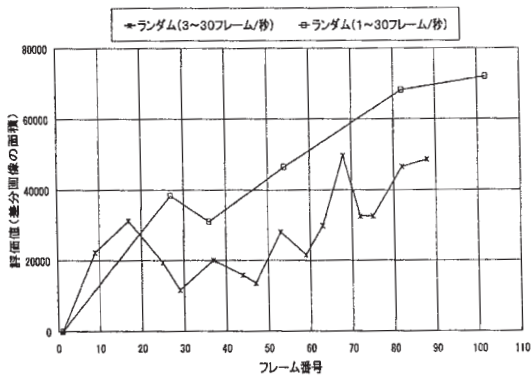


図13 フレーム毎の評価値 (正面からの撮影)

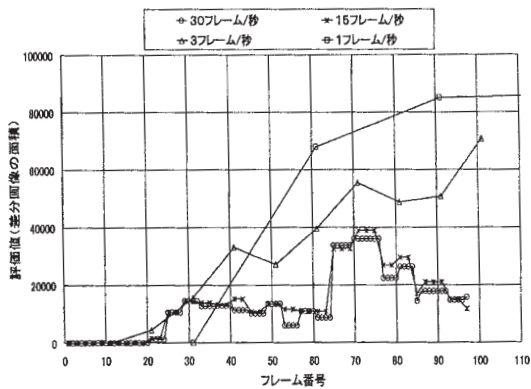


図14 フレーム毎の評価値 (斜めからの撮影)

ながら、この場合であっても偶然にフレームレートが高い状態が続けば十分な動き検出はできる。しかし、図10, 12, 14の固定フレームレートの評価実験結果と合わせて考えると、少なくとも3フレーム/秒以上のフレームレートで動画像を取得しないと十分な動き検出が出来ないといえる。この条件は、インター

ネットなどの広域ネットワークを通して得られる動画像の条件としては厳しいものであるが、ここで想定している病院内のLANのように閉じたコンピュータネットワーク上であれば、十分に実用的な条件である。評価結果から分かるようにフレームレートが高い方が、より高い精度で動き検出が可能であるが、高フレームレート動画像はネットワークへの負荷を大きくする。従って、低フレームレート動画像での検出精度を上げることは、変動フレームレート動画像への対策とともに重要であり、今後の課題である。

#### 4. まとめ

コンピュータネットワークを介して取得する動画像は、ネットワークの性質上フレームレートが変動する動画像となる。このことから、ネットワークを介した監視システムにおいて、監視対象の動きを検出する際には、背景画像の変動などにロバストである必要がある。本研究では、背景画像の変動を補正し、差分画像を抽出する手法の採用と、求めた差分画像から等価的な動き検出画像を生成する手法を提案した。この手法をPCに実装して、ベッド上の監視対象人物画像に適用して評価実験を行った。その結果、変動フレームレートの場合でも、3フレーム/秒以上のフレームレートが確保できれば、十分な動き検出ができることが分かった。より実用的なシステムにするためには、3フレーム/秒以下の低フレームレート動画像であっても、より高精度な動き検出、もしくは動き推定ができる手法の確立と、検出した動きから異常状態を認識する方法の確立が必要である。

**謝 辞**

本研究にあたり協力いただいた、平成12年度卒業生の河村亜弓君、平成13年度卒業生の山本洋敬君に感謝いたします。

**文 献**

1) Aoki T., Nakayama O., Shiohara M., Sasaki S. and Murakami Y. : Airport Monitoring System: Robust Airplane Extraction against Variable Environmental Conditions, IEICE TRANS. INF. & SYST., Vol. E84-D, No. 12, PP.1660-1667 (2001)

2) Araki S., Matsuoka T., Yokoya N. and Takemura H. : Real-Time Tracking of Multiple Moving Object Contours in a Moving Camera Image Sequence, IEICE TRANS. INF. & SYST., Vol. E83-D, No. 7, PP.1583-1591 (2000)

3) 百田, 山田, 杉村, 重村 : WWWブラウザによるライブカメラ制御システムの試作, 論文集「高専教育」, 第22号, PP.107-113 (1999)

4) 有本 : カルマン・フィルター, 産業図書 (1977)

5) FEST Project 編 : 新実践画像処理, (株) リンクス出版事業部 (2001)

(2002. 8. 30 受理)