《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol. 5 No. 1, June 1986

화상 처리기법에 의한 인체 동작 분석 †

(An Analysis of Human Motions using Video Image Processing)

李 根 富 ††

Abstract

The object of this research is to develop an interactive computerized graphic program for graphic output of velocity, acceleration and motion range of body task reference point.

Human motions can be reproduced by scanning (rate = 1/60) the vidicon image, at same time, C.O.G. of body segment group, and the results are stored in an Apple II P.C. memory.

The results of this study can be exteneded to simulation and reproduction of human motions for optimal task design.

Ⅰ. 서 론

현대에 살고있는 인간들은 기계문명의 혜택을 수혜받고 있으면서도 문명의 이기물인 기계와 인간과의 관계는 항상 원만하지만은 않았다는 생각을 하고 있다. 여기에서 기계를 사용할 인간을 충분히 이해하고 이에 적합한 기계나 도구들을 설계할 필요를 느끼게 한다. 인간-기계 체계의 설계과정에 적용될 원칙이나 자료를 개발함에 있어, 인간과 기계, 기구의 관계를 하나의 system으로 취급하며 그 환경도 포함시킨 체계적인 연구에 의존하는 경향이 뚜렷해지고 있다 [1]. 이 체계의 편성에 중요한 위치를 점하고 있는 인체 동작에 관한 연구는 직접 또는 간접적인 방법으로 동작을 분석하여 얻어진 data를 새로운 동작 pattern 설계에 활용시켜 왔다. 컴퓨터의 발전은 인체 동작-연구에 큰 도움이 되고 있다. 이는 대화적이며 도형화능력(interactive and graphical capability)을 갖춤으로 과거 컴퓨터 system의 제한 사항이었던 batch process 방식의 한계를 극복하게 되었다 [7]. 기 발표된 연구는 계산 및 기하학적 특성을 기초로 한 수리적 모형을 이용한 방안으로 인체 동작의 변수들을 측정하였으나 현대에는 측정자료를 컴퓨터에 입력시키고 process과정에서 man-computer communication을 통한 결과치를 과거의 numerical listing에서보다 이해하기 쉬운 graphic으로 표시하는 추세

† 이 논문은 문교부 학술 연구조성비에 의해 이루어진 것임.

†† 경희대학교 산업공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

이다 [2].

이와 같은 시점에서 본 연구는 인체 동작 연구 분야에 꼭 필요하며 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서의 주안은 computer 화된 모형을 이용하여 인체동작을 분석함으로써 동작의 경로 및 그에 관련된 특성치를 규명하고 아울러 graphic으로 동작을 재생할 수 있도록 설계함에 있다.

이에 얻어진 결과로 산업계, 체육계, 생물계 등에 응용 가능한 기초개념을 제공할 수 있으리라 사료되며 컴퓨터와 인간 공학 실험기구간의 on-line화에 기여할 수 있을 것이다.

2. 연구의 배경

2-1. 운동 측정학(Human Kinematics)

인간의 운동을 조사 분석하는 과학으로 골격과 그것에 연결되어 있는 관절 및 근육 활동과 이들의 起始(origin)와 저지(insetion), 또 무게 중심 등의 인체 운동을 특성지우는 변수들을 대상으로 한다. 측정방법은 일반적으로 a) 직접법, b) 간접법으로 대변한다. 직접법은 goniometer 등으로 인체 및 동작을 직접 측정하는 방법이며 간접법은 cinema camera 또는 T.V. camera 등을 사용하여 화상으로 기록한 후 그 화상에서 좌표등의 필요한 data를 취하여 처리하는 기법을 뜻한다 [2,3,8,9].

2-2. 화상 처리 측정 (Video Image Processing)

이는 2차원 물체를 직접 인식하는 인공 눈과 입력된 화면을 computer process에 적합한 digitized image로 변환시키는 system으로 pattern recognition의 기본인 processing을 뜻한다 [3].

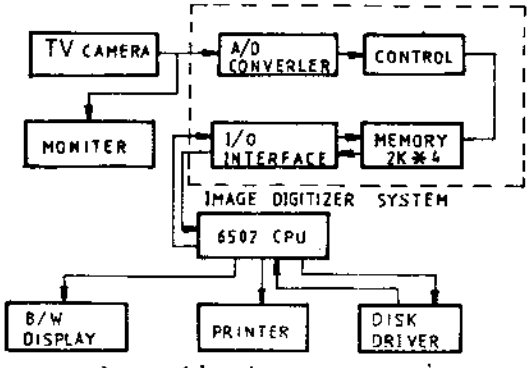


그림 1. video image processing system block diagram

가. Vidicon signal

T.V. camera는 vidicon을 사용하여 광 신호를 전기적 신호로 변화시켜주는 unit로 real time data를 구할 수 있다. vidicon은 30 f.p.s.로 화면을 주사하나 flicker 현상을 제거하고자 일반적으로 한 화면을 2회에 나누어 주사하는 jump 주사 방식을 사용한다. 따라서 rate는 1/60이다.

나. 차화상 추출

컴퓨터 메모리를 M×N의 배열로 구성하여 280×192의 bit를 3×3 bit로만 단위 소영역으로 분할하여 한 pixel로 결정하였다. 이 pixel의 휘도값은 9개 bit가 취할 수 있는값 0~9 레벨이 된다. 연속적인 화상의 해석은 각 프레임들을 정지화상 프레임의 연속으로 처리하는 것을 기초로 하여 물체가 이동시에는 그 배경의 프레임을 sampling하면, sampling된 프레임은 정지 화상이 되므로 그 휘도값은 시간적 변화에 관계없이 일정하다 [4].

다. System 구성

본 연구에서는 그림 1과 같이 camera의 영상신호를 양자화하기 위해서 digitizer를 통해 computer memory에 DMA 방식으로 수록시켰다. gray level은 binary로 설계하였다.

양자화된 화상 data를 computer의 보조 기억장치에 저장시킨 후 그림 2와 같은 순서로 처리하였다.

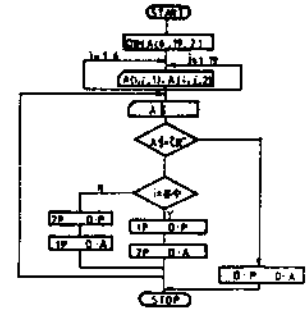


그림 2. processing sequence

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

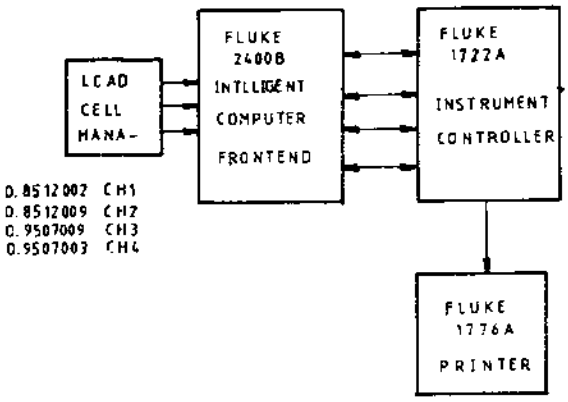


그림 3. Force plateform block diagram

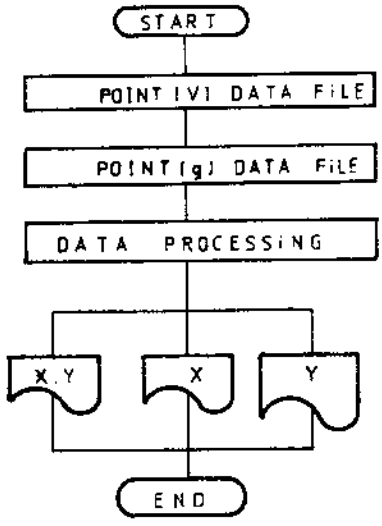


그림 4. data processing sequence

2-3. 무게중심(C.O.G) 측정

작업 수행중 작업자의 무게중심의 변화과정과 x,y,z 방향의 힘의 크기를 파악하기 위해 그림 3과 같이 force platform system을 구성하였다.

측정된 자료의 보관 및 추후 분석을 위하여 그림 4와 같이 data를 처리하였다.

3. 실험 및 고찰

본 연구에서는 작업수행중의 인체 동작을 분석하기 위해 아래와 같은 순서로 측정하였다.

① 피실험자를 force platform위에서 3종류 (벽돌 한손 운반, 벽돌 두손 운반, jump) 동작을 수행하게 한다.

② vidicon image processing에 의해 화상을 투영함과 동시에 force platform의 전압을 측정하여 두 종류의 data를 disk에 수록한다.

③ 입력된 화상정보를 graphic program에 의해 좌표를 file에 수록한다.

④ monitor에 의해 표현된 화상의 error 유무를 점검한다.

⑤ 수정된 좌표 data들로 stick picture를 작성한다.

⑥ ②~⑤의 process 과정을 반복하여 측정치간의 오차가 허용치를 넘는 경우 ②로 feed back 시킨다 [6].

3-1. 인체 동작 분석을 위한 화상처리

본 연구에서는 작업 수행중의 동작을 분석하기 위해 표 1과 같이 측정부위를 설정하였다.

표 1 주요 측정 부위

순서	기호	관 절 명 칭
1	RW	우측 손목 관절
2	RE	우측 팔꿈치 관절
3	RS	우측 어깨 관절
4	FS	좌측 어깨 관절
5	SST	흉골 상점
6	GN	아래턱 측정점
7	LE	좌측 팔꿈치 관절
8	LW	좌측 손목 관절
9	OM	요점
10	RA	우측 발목관절
11	RK	우측 무릎관절
12	HP1	둔부 우측 돌기부분
13	HP2	둔부 좌측 돌기부분
14	LK	좌측 무릎관절
15	LA	좌측 발목관절

피실험자의 운반 및 jump 동작 9 frame을(사진 1,2,3 참조) 화상 처리하여 주요 stick picture로 재생한 것이 그림 5 (가, 나, 다 참

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

조) 이다.

그림 5 (가,나,다 참조)는 한 화면에 9동작을 겹쳐 재생한 것으로 display 상에서도 움직이는 동작(animation)으로 표현됨으로 동작의 순서, 방향, 각, 속도등을 분석 가능하게 하였다.

그림 7 (가,나,다 참조)은 횡축에 시간을 표시한 stick picture이다.

3-2. 무게중심 측정 및 분석

작업 수행중의 피실험자에 대한 무게중심의 변화 과정을 force platform의 4각에 설치된 load cell에서 발생하는 전압으로 전환시켜 보조 기억장치에 수록 보관하였다. 4각에 작용하는 힘을 각각 $F_{ao}, F_{oy}, F_{xo}, F_{xy}$로 가정하면 수직방향의 힘($F_z$)은 이 힘들의 총합이 되며 무게 중심의 좌표는 식(3.1), (3.2)와 같다 [5].

사진 1. 벽돌 한손운반 작업 동작

사진 2. 벽돌 두손 운반작업 동작

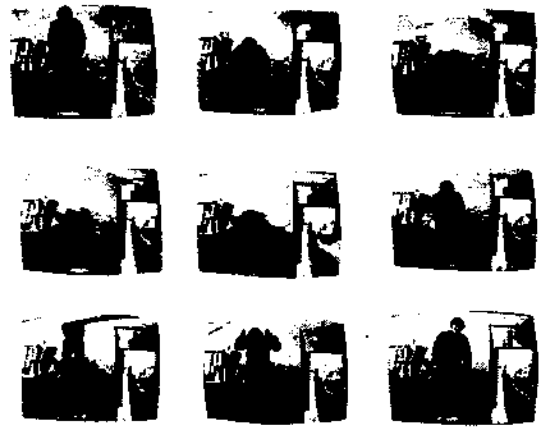


사진 3. jump 동작

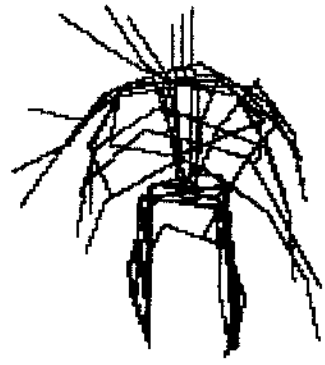


그림 5 가. 벽돌한손운반 동작의 한 화면 9동작

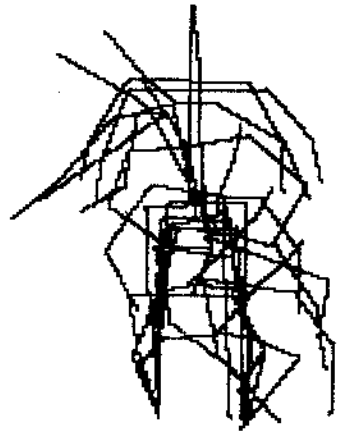


그림 5 나. 벽돌 두손운반동작의 한 화면 9동작

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

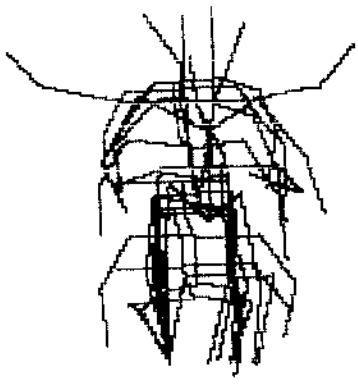


그림5 다. jump 동작의 한 화면 9동작

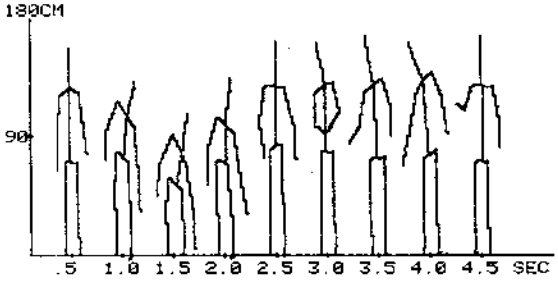


그림 6 가. 벽돌 한손 운반 동작(시간 분석용) stick picture

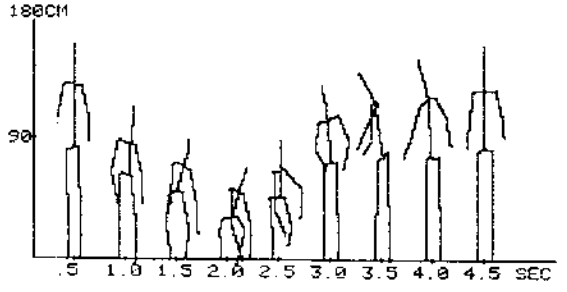


그림 6 나. 벽돌 두손 운반 동작(시간 분석용) - stick picture

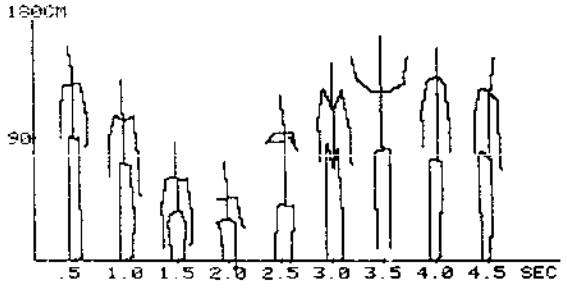


그림6 다. jump 동작(시간 분석용) stick picture

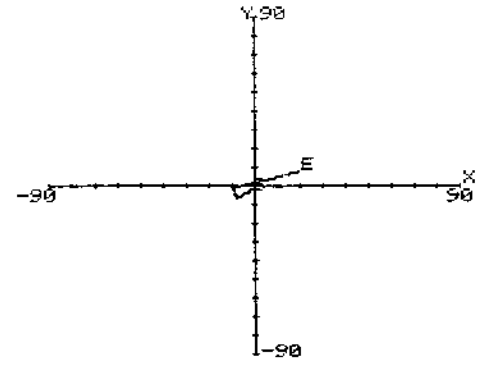
$$x=\frac{X}{2}\left[1+\frac{(F_{x0}+F_{xy})-(F_{0x}+F_{0y})}{F_z}\right] \cdots(3.1)$$

$$y=\frac{Y}{2}\left[1+\frac{(F_{0y}+F_{xy})-(F_{0x}+F_{x0})}{F_z}\right] \cdots\cdots(3.2)$$

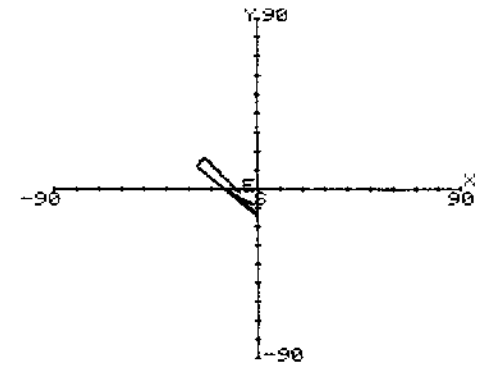
X ; force platform의 가로길이

Y ; force platform의 세로길이

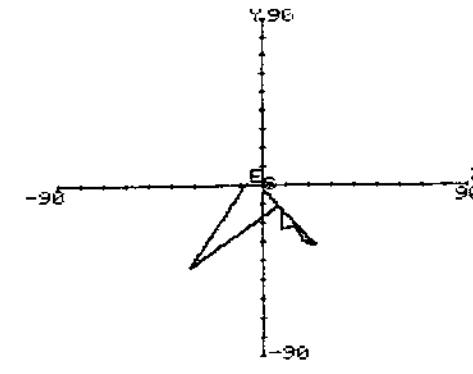
본 연구에서는 상기식을 이용하여 그림 7 과 같이 X-Y 좌표상에 표현하였다.



(a)



(b)



(c)

그림7 가. 벽돌 한손 운반 작업 동작시의 무게중심 이동과정

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

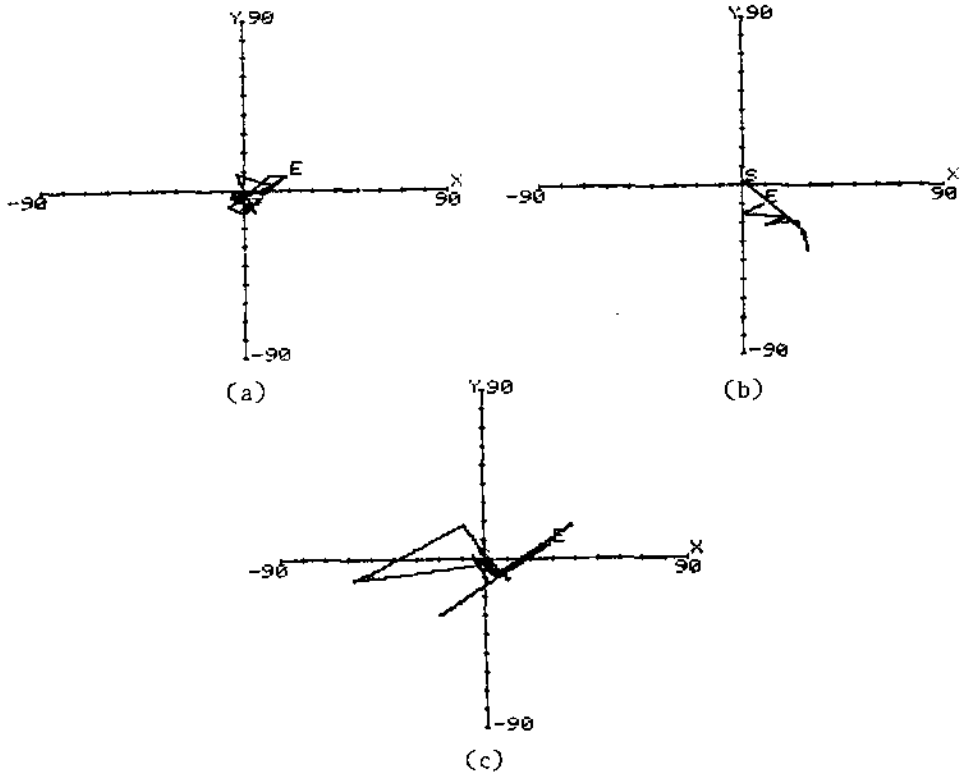


그림 7 나. 벽돌 두손 운반 작업 동작시의 무게중심 이동과정

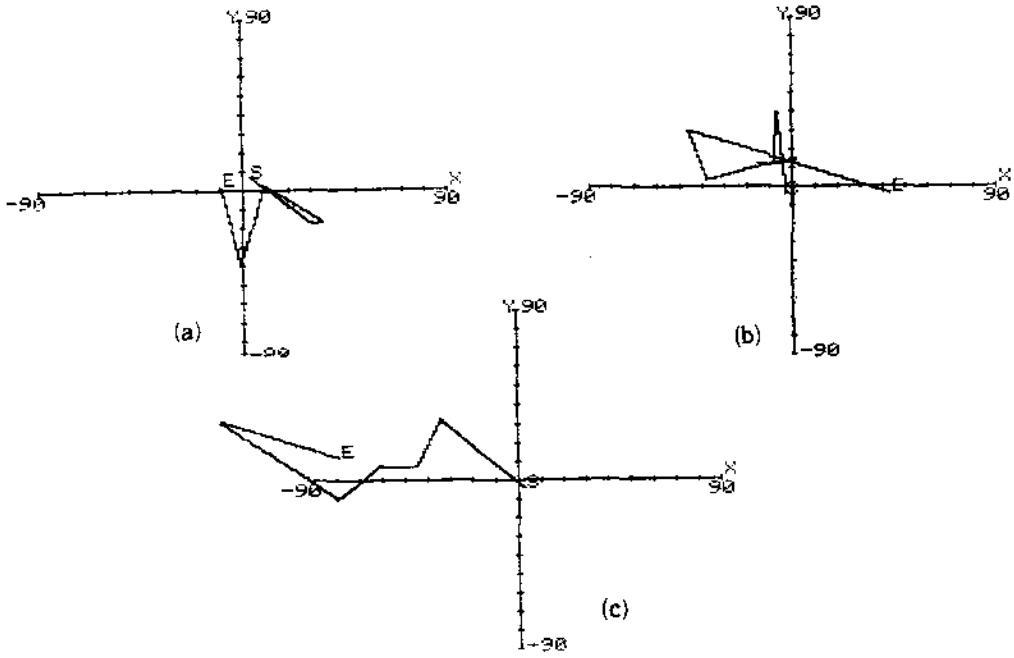


그림 7 다. jump 동작시의 무게중심 이동과정

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

3-3. 고찰 및 분석

이절에서 논한 연구방법에 의한 고찰은 아래와 같다.

가. 화상처리 기법에 의한 분석 결과

ⓐ 작업수행에 필요한 최적 작업역(work space)을 구할 수 있다.

ⓑ stick picture에 의해 주요관절 부위의 각 변환을 세밀히 관찰할 수 있다.

ⓒ 동작의 순서를 규정지을 수 있다.

ⓓ 신체 각부위 변위에 대한 시계열 data를 구할 수 있어 torque를 해석하기가 용이해진다.

나. 무게중심에 의한 분석 결과

ⓐ 그림 7의 각 작업 동작시의 무게중심 이동 과정은 작업 속도에 따라 무게중심이 변화하는 것을 관찰할 수 있다.

ⓑ 특히 jump동작에서의 동작의 시점과 종점에서 착지 자세가 불량한 경우 심한 이동과정을 나타내고 있다.

ⓒ 벽돌 한손 운반 작업시 상체의 굽힘 및 torque정도에 따라 무게중심이 크게 이동됨을 관찰할 수 있다.

ⓓ 벽돌 두손 운반 작업시에는 두 무릎관절의 굽힘 정도에 따라 무게중심이 작업점을 중심으로 이동되었다.

4. 결 론

인체동작 분석은 인간공학이나 작업연구 등을 위한 기본적인 data를 제공함으로써 인체 응용분야에 중요한 위치를 점하고 있으나 아직 미해명된 문제가 많이 존재한다. 본 연구는 이를 다소라도 해결하고자 두 기법을 통해 동작을 분석하였다. 상기한 연구에 의해 작업 수행중의 인체 부위 변화를 파악할 수 있었으며 동작 경로를 재생할 수 있으므로 적용의 간편성을 기할 수 있었다. 이상에서와 같은 기법과 computer graphic technique를 분석에 이용시 높은 효율을 기대할 수 있다고 사료된다.

본 연구를 진행하면서 발견한 문제점 및 앞으로의 연구과제는 다음과 같다.

ⓐ 인체동작을 촬영시 주위환경(배경)에 따른 noise 문제

ⓑ 동작 촬영시의 적절한 조명(특히 피실험자의 후면광) 즉, 휘도처리가 어렵다.

ⓒ land mark의 발광 및 크기 결정(X-Y좌표 설정시 신뢰도 결여)에 난점이 있다.

ⓓ 연속 이동 동작 촬영시 적정 sampling 간격 결정문제(화상 data를 수록시 보조기억장치를 disk로 하는 경우 speed가 늦어 missing하는 경우도 있음).

추후 연구과제로서는 보다 나은 해석 data를 구하기 위해 힘과 torque등을 보다 간편하게 분석할 수 있는 3차원적 분석 기법을 연구하는 것이다.

참 고 문 헌

〔1〕 박경수, 인간공학, 영지문화사, 1980.

〔2〕 김영길, 컴퓨터를 이용한 인체동작의 분석, 서울대학교 공학석사 청구논문, 1983.

〔3〕 이근부, AppleⅡ P.C.를 이용한 Video Image Processing과 인체계측 및 동작분석에의 응용, 대한 인간공학회지, Vol.4, No.1 ,pp.11~16, 1985.

〔4〕 이주신, 최갑석, 마이크로 컴퓨터를 이용한 2차원 이동물체의 이동거리와 속도 측정에 관한 연구, 전자공학학회지, Vol.23, No.2, pp.76~86, 1986.

〔5〕 이면우, 역도경기의 자세, 무게 중심, 가속도가 발휘근력에 미치는 영향에 관한 생체역학적 연구, 대한 산업공학학회지,Vol.11, No.2,pp.87~99.,1985.

〔6〕 岩田一明, コンピュータによる人間の運動動作解析, *PIXEL*, Vol. No.13,pp.130~131, 1983.

〔7〕 Boysen. J.P., Francis P.R., Thomas R.A., "Interactive Computer graphics in the study of human body planner motion under free-

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

fall conditions," *J. Biomech*, *10:783-787.* 1977.

[8] Cappozo A. Leo, T. Pedotti A.,"A General Computing method for the analysis of human locomotion", *J. Biomech.*, *8(5): 307- 320.*, *1975.*

[9] Winter D.A., Biomechanics of .human movement, John willy & sons., 1979.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.