

복합 포장용 상자의 보관 및 출하 시스템 개발에 관한 연구

홍민성⁺, 신대호^{*}

(논문접수일 2007. 8. 13, 심사완료일 2007. 9. 19)

A Study on the Development of Multiple Crate Stacking and Picking System

Minsung Hong⁺, Daeho Shin^{*}

Abstract

The modern industry age began when the conveyer system was introduced by Ford to produce model "T". The conveyer system is designed to optimize and maximize mass production of a specific item. Nowadays, however, accommodating to individual tastes has become an important factor in selection of products. Thus, rather than the mass production of one item, producing fewer but a wide variety of goods became important. To give flexibility and elasticity to the conveyer system, a new method of transportation where it is possible to choose a specific item is necessary. Therefore small quantity and high-volume mass production was decreased and small quantity batch production was expanded.

In this paper, we developed multiple crate stacking and picking system to give flexibility to the conveyer system. First, we verified the conceptually designed system through manufacture. Second, we solved the problems that would happen on the actual field using pneumatic system. Finally, we optimized the system through FEM technique. This system works with stability and fast speed and can improve work efficiency which would minimize the losses resulting from too much dependence on manual labor.

Key Words : Multiple Crate Stacking and Picking System, Conceptual Design, Pneumatics, FEM, Work Efficiency

1. 서론

물류라는 용어는 물적 유통(Physical Distribution)의 줄임말로써, 생산자로부터 소비자에게 제품, 재화를 효과적으

로 옮겨주는 기능 또는 활동의 총칭이다. 일반적으로 포장, 하역, 수송, 보관과 같은 여러 활동을 말한다⁽¹⁾.

통상적으로 제품, 재화를 수송하는 데는 포장, 보관, 집하(集荷)/적재, 수송, 중도적환(中途積換), 하역/배달, 보관

⁺ 아주대학교 기계공학부 (mshong@ajou.ac.kr)
주소: 443-749 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5
^{*} (주)SFA

및 개장(開裝) 등의 여러 과정을 거친다. 어떠한 수송수단을 이용하든 이러한 과정을 거치지 않고는 제품, 재화의 이동은 불가능하다. 이러한 이동의 전체를 종합적으로 보는 것을 물적 유통이라고 한다.

근래에 들어서 대량 생산, 대량 판매, 대량 소비가 시대의 추세가 되었으며, 그 사이를 잇는 물자의 흐름을 효율화 할 필요성이 커졌기 때문에 물류의 중요성이 점차 커지고 있다.

근대기업에서는 상적 유통활동, 즉 거래의 부분만이 아니라, 제품을 소비자의 손까지 정확하고 신속하게 배달할 물류 활동이 중요한 부분으로서 부각되었다. 즉 경제발전과 함께 생산비용의 인하만을 추구하다가는 격심한 기업경쟁에서 이길 수가 없으며, 유통비도 가능한 한 절감되도록 해야 한다는 견해가 대두되었다^(2,3).

현재 물류 합리화의 수단으로서 대도시 주변에 배달 센터, 트럭 터미널, 창고단지 등을 집중적으로 들어서게 하는 유통 센터의 건설, 컨테이너나 팔레트를 이용하여 수송의 일관화를 꾀하는 유닛 로드 시스템(Unit Load System)의 추진, 각 수송기관의 유기적 결합으로 수송의 효율화를 지향하는 협동일관수송 등이 진행되고 있으며, 국가에서 조성하고 있는 곳도 있다.

이와 같이, 물류라는 용어는 대단히 광범위한 용어이기는 하지만 특정한 제품이나 물건 등을 만드는 제조사의 환경으로 그 의미를 적용해 볼 때, 중간단계의 제품이나 혹은 완제품을 일정한 장소에서 다른 장소로 옮기는 등의 일련의 행위를 물류라고도 볼 수 있으며, 이러한 일련의 시스템을 물류 시스템이라 볼 수 있다^(4,5).

특히, 여러 종류의 제품들이 생산되어 일정시간 보관 후 출하처마다 각기 다른 종류의 조합으로 출하할 경우, 예를 들어 제품으로서의 초코 우유가 수납된 케이스 100상자, 딸기 우유가 수납된 케이스 100상자, 바나나 우유가 수납된 케이스 100상자를 임시로 적재하였다가, 이들을 모두, 혹은 선택된 일부만을 다른 곳으로 옮겨야 할 경우라면, 보관된 제품의 정보를 확인하여 필요한 수대로 조합하여 이송시킬 필요가 있다.

그런데, 종래기술의 경우에는 원하는 제품만을 선택하여 이송시킬 수 있는 별도의 평면보관 및 조합출하시스템이 마련되어 있지 않았기 때문에 복수 개의 케이스들 중에서 원하는 제품이 수납된 케이스만을 이송시키는데 있어 인력에 의한 수작업에 의존할 수밖에 없는 바, 그 효율이 저하됨은 물론 물류 처리에 있어 막대한 손실이 발생하는 문제점이 있다. 현재 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 물류 시스템들이 개발되고 있는 상황이다⁽⁶⁾.

본 논문의 목적은 원하는 제품을 수납한 케이스만을 선택하여 이송하는 평면 보관 및 조합 출하 시스템을 개발하는 것이다.

개념적으로만 설계된 시스템을 실제 제작을 통해 검증하며 제작하여 실제 현장에서 발생한 문제점을 유공압 시스템을 이용하여 해결하고, 유한 요소 기법(FEM: Finite Element Method)을 통하여 최적화 하였다. 장에서 발생한 문제점을 해결한 시스템은 일련의 물류 작업이 빠른 속도와 안정화되어 진행될 수 있기 때문에 그 작업 효율을 향상시킬 수 있음은 물론 인력에 의존함으로써 발생 가능한 손실을 최소화할 수 있을 것이다.

2. 평면보관 및 조합 출하 시스템 설계

평면보관 및 조합 출하 시스템은 다음과 같은 각 부 구조를 가지고 있다. 지면의 위치를 감지하는 지면위치 감지부, 지면에 적재된 케이스들의 전체 적재 높이를 감지하는 높이 감지부, 지면에 배치된 복수의 케이스들 중 선택된 적어도 어느 하나를 척킹(Chuck)하여 이송시키는 픽업 유닛(Pick-up Unit), 픽업 유닛을 이동시키는 유닛 이동부, 지면위치 감지부 및 높이 감지부의 감지된 정보에 기초하여 픽업 유닛의 케이스 이송을 위하여 픽업 유닛 및 유닛 이동부를 제어하는 제어부, 재고 및 제품 정보관리와 입출하 관리를 관장하는 소프트웨어로 나눌수 있다. 아래의 그림은 개념적으로 설계된 평면보관 및 조합 출하 시스템의 구조도이다.

위의 시스템은 Fig. 1에 나타나 있는 것과 같이 X, Y, Z축으로 각각 설계되어진다. 3축을 어떻게 설계하느냐에 따라서 시스템의 특성이 많이 달라진다.

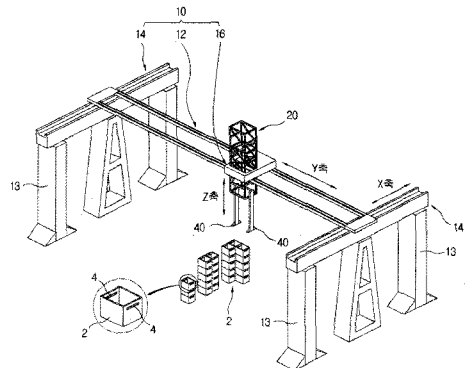


Fig. 1 Schematic of Multiple Crate Stacking and Picking System

2.1 시스템의 X축 베이스 레일 및 구동부 설계

X축 베이스 레일은 Fig. 2에 나타난 것처럼 평행도와 직진도를 유지해야 소음이 없고 이송시 위치 정밀도가 확보된다. X축 구동부의 경우 이송을 위하여 큰 힘이 필요하며, 2개의 축을 이동하므로 좌우 대칭으로 2개의 AC 서보 모터에 의해 동기운전을 하며 구동한다. 또한 휠의 미끄럼에 의한 오차를 보정해 주기 위하여 타이밍 벨트에 의해 위치 감이 이뤄지는 외부 엔코더를 설치하였다.

2.2 시스템의 Y축 베이스 레일 및 구동부 설계

Y축은 서보 모터에 장착된 타이밍 풀리가 좌우로 연결된 벨트를 따라 구동되며 이퀄라이징(Equalizing) 기능을 갖춘 8개의 아이들(idle) 휠로 주행하는 구조로 되어 있다.

이송부에는 Z축의 지지 및 하중 균형 보상을 위한 공압 탱크가 설치되어 있다.

2.3 시스템의 Z축 레일 및 구동부 설계

모터, 랙과 피니언으로 상하 구동되며 링크를 이용하여 좌우 동기화된 공압 실린더에 의해 제품을 척킹하고 제품 높이 감지용 엔코더(Encoder)와 지면위치 감지 시스템을 부착하

였다. Z축은 적재량과 이송량의 중요한 요소가 되며, 실질적으로는 제품의 전체 높이 및 택타임(Tact Time)에 큰 영향을 미친다.

2.4 실제 제작된 평면 보관 및 출하 시스템

실제 제작된 시스템으로 주행 길이는 19m, 전체 크기는 20m × 10.5m × 3.5m를 가진다.

설계 및 제작된 시스템은 몇 가지 문제가 발생하였는데 X축 베이스 레일의 경우는 지지점을 늘리면 굽힘에 대한 문제를 해결할 수 있지만 Y축의 경우는 일반 형상으로는 굽힘을 해결하는데 문제가 발생하였다. 따라서 F.E.M. 해석을 통하여 Y축 재료로 사용이 가능한 제품을 찾아서 최적화하였고, Z축에서 발생하는 하중 균형 잡음(Weight Balance Noise)을 제거하기 위하여 새로운 방법을 제시하였다.

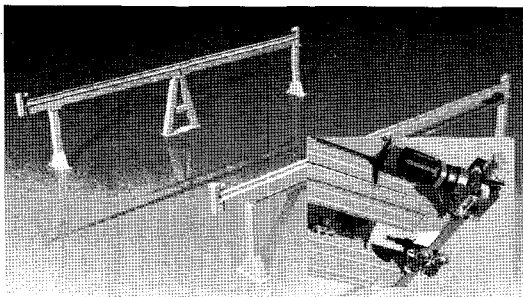


Fig. 2 Design of Multiple Crate Stacking and Picking System(X-axis)

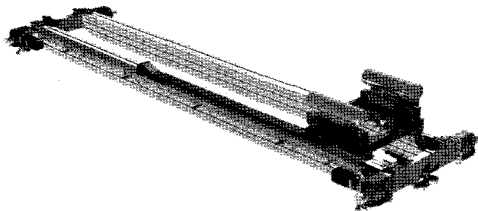


Fig. 3 Design of Multiple Crate Stacking and Picking System(Y-axis)

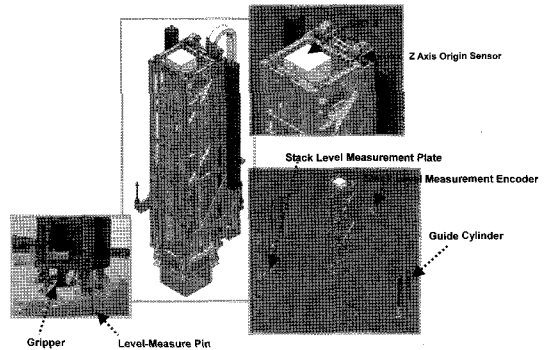


Fig. 4 Design of Multiple Crate Stacking and Picking System(Z-axis)

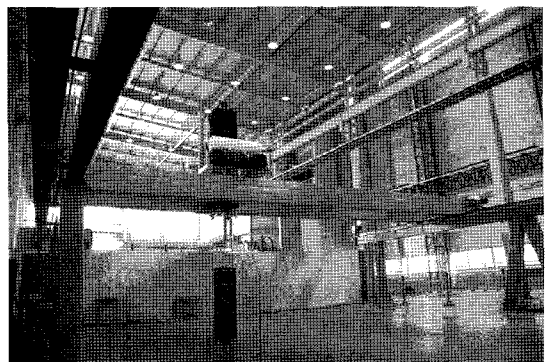


Fig. 5 Multiple Crate Stacking and Picking System

3. 평면보관 및 조합 출하 시스템 최적화

3.1 Y축 구조의 문제 해결을 위한 FEM 해석

Y축은 길이가 길고 겐트리부의 동하중을 받아야 하기 때문에 일반적인 기계구조의 방식으로는 부하를 견딜 수 없으며 자체중량 또한 구동 용량을 키워 구동부 설계를 어렵게 할 만큼 크게 된다. 따라서 본 논문에서는 건축 자재 기술을 도입하여 Y축 프레임 소재를 경량 건축 철골 구조인 LEB (Lightweight Pre-Engineered Building) 빔을 사용하여 강성에 있어서 기존 기계 구조용 형강류에 버금가면서 중량은 가벼워졌고, 외관의 미려함을 구현하였다. ANSYS를 이용

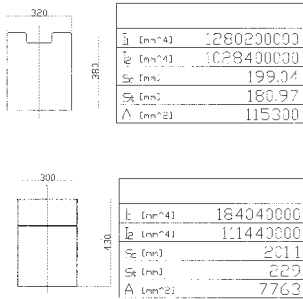


Fig. 6 Properties of Square Pipe

하여 경량 구조용 LEB 빔과 일반 구조용 형강을 각각 분석하여 그 결과를 토대로 LEB 빔 사용의 장점을 검증하였다.

3.1.1 일반 구조용 형강(Square Pipe)

Fig. 6과 7은 각각 일반 구조용 형강의 물성치와 ANSYS를 이용한 최대응력과 보의 처짐을 나타내었다.

3.1.2 경량 구조용 LEB 빔

Fig. 8과 9는 각각 경량 구조용 LEB 빔의 물성치와 ANSYS를 이용한 최대응력과 보의 처짐을 나타내었다.

표 1을 통해서 FEM. 결과 데이터에서 알 수 있듯이 경량 LEB 빔과 일반 구조용 형강의 무게에서는 큰 차이 없으나, 응력이나 처짐량에서 확연한 차이를 보이고 있다.

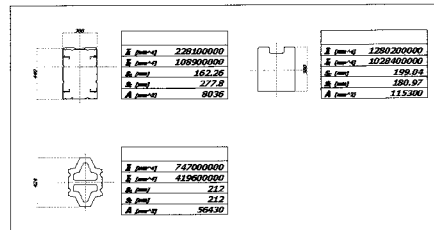


Fig. 8 Properties of LEB Beam

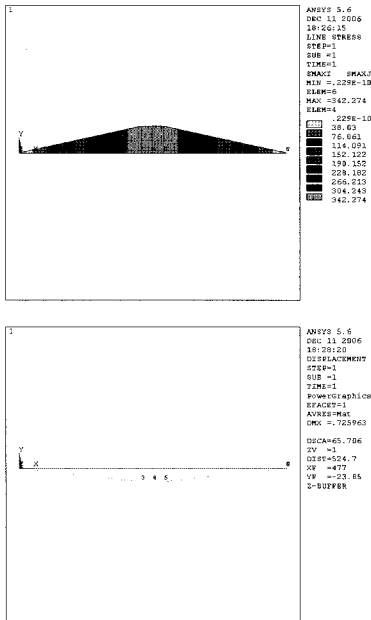


Fig. 7 Maximum Stress and Deflection of Square Pipe

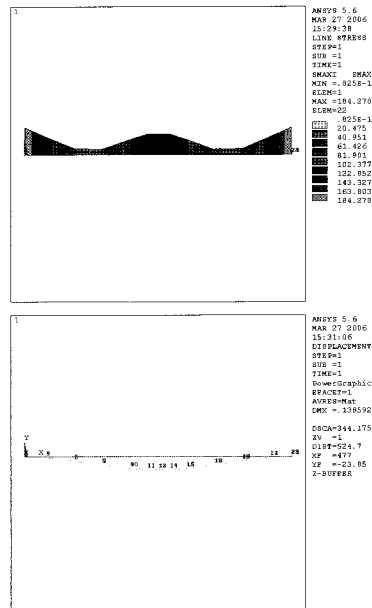


Fig. 9 Maximum Stress and Deflection of LEB Beam

Table 1 Result of FEM Analysis

Type	LEB Beam	Square pipe
Weight (Kg)	610	590
Maximum Stress (kg/cm ²)	185	343
Maximum Deflection (mm)	1.4	7.3
Remark	including rail-plate weight	thin plate

LEB 빔은 소재는 얇으나 표면 굴곡이 많아서 같은 철판에 비해 높은 강성을 보인다. 소재 선정 시 두꺼운 소재가 강도 및 처짐에도 유리할거라고 생각하기 쉽지만 얇은 소재도 적당한 보강재와 굴곡을 사용하면 더 강한 소재가 될 수 있음을 알 수 있었다.

3.2 Z축 구조의 하중 균형 보상을 위한 방법 제시

Fig. 10과 같이 Z-축의 무게를 공압 실린더에 의해 하중 균형 보상화로 모터의 용량을 최적화 할 수 있으며 공압 탱크를 설치하여 실린더의 써지(Surge) 현상을 해결하였다. Fig. 11은 하중 균형 보상을 위한 공압 시스템의 회로도를 보여주고 있다.

또한 본 회로를 통해서 체크 밸브에 의해 운전 중 컴프레서나 공압 호스 등 주변시스템의 고장 시에도 일정시간 계속 운전이 가능함은 물론 Z축이 추락하지 않도록 안전이 확보되었다.

3.2.1 공압 효율

실제 연결된 부위에 공압 탱크를 사용하여 하중 균형 보상을 했을 경우 얻게 된 이득에 관해 계산하였다.

$$\begin{aligned}
 P1 &= (W1+W2)*V/(6120*\lambda1*\lambda2) \\
 &= (380+100)*160/(6120*0.9*0.9) \\
 &= 15.49 \text{ kW} \tag{1} \\
 P2 &= (W1+W2-2*F)*V/(6120*\lambda1*\lambda2) \\
 &= (380+100-2*175)*160/(6120*0.9*0.9) \\
 &= 4.2 \text{ kW} \tag{2} \\
 F &= (D/2)^2*\pi*p*\lambda3 \\
 &= 4*4*3.14*5*0.7 \\
 &= 175 \text{ kgf} \tag{3}
 \end{aligned}$$

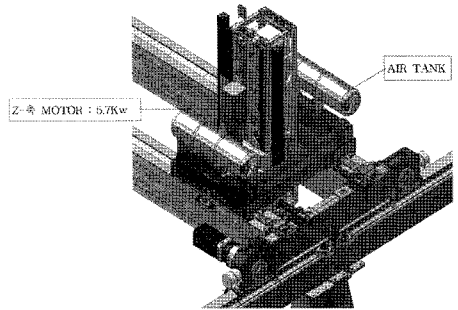


Fig. 10 Pneumatic System for Weight Balance

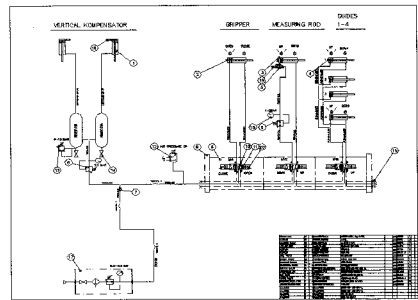


Fig. 11 Pneumatic System Circuit for Weight Balance

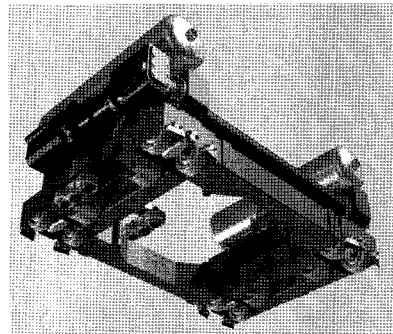


Fig. 12 Photograph of Tefron Coated Wheel

여기서 P1은 하중 균형 보상 전, P2하중 균형 보상 후, F는 실린더 힘, D는 실린더의 지름 그리고 p는 공기압이다. 따라서, Z축에서 필요한 모터 용량은 15.49Kw이다. 모터 선정 시 안전율 등을 고려하면 18Kw정도의 모터를 선정해야 한다. 여기서 Z축 양쪽에 직경 φ80 실린더 2조를 설치하여 화물을 올리거나 내릴시 공기압을 이용하여 모터의 부하를 덜어주는 역할과 밸런스를 잡아주는 역할을 한다.

이러한 결과를 토대로 실린더를 장착하여 실제 선정된 모터 용량은 5.7Kw이다. 소요 동력 계산에서 나온 용량의 약 1/3정도의 동력만으로 Z축의 작동이 가능하였다.

3.3 주행 소음 저감 대책

X축-Y축 방향으로의 이동은 AC 서보(Servo) 모터를 이용하여 풀리와 타이밍 벨트를 이용하여 이송 운동을 한다. 이 때 풀리와 타이밍 사이에 많은 소음이 발생한다.

이를 해결하기 위해서 본 연구에서는 Fig. 12와 같이 주행 시 소음을 줄이기 위해 구동 휠과 가이드 롤러를 Vullkan Coating을 통해서 우레탄 휠로 제작하였다. 그리고 타이밍 벨트용 아이들 휠(idle wheel)은 알루미늄 재질에 테프론 코팅(Tefron Coating™)을 하여 소음을 줄였다.

3.4 개선을 통한 평면 보관 및 출하 시스템의 사양

위의 최적화 작업을 통해서 Table 2와 같이 평면 보관 및 출하 시스템의 사양을 얻을 수 있었다.

4. 결론

현대 산업시대의 기존의 소품종 대량생산이 아닌 다품종

소량생산의 중요성이 부각되었고, 기존의 컨베이어 시스템에 유연성과 융통성을 부여하기 위하여 “복합 포장용 상자의 보관 및 조합 출하 시스템”을 개발하였다. 본 논문을 통해서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 기존의 개념적으로 설계되어 있는 평면 보관 및 조합 출하 시스템을 설계하여 현장에서 그 효용성을 검증했다.
2. 평면 보관 및 조합 출하 시스템에서 Y축 겐트리(Gantry)부에 건축 자재 기술을 도입하여 Y축 프레임소재로 경량 건축 철골 구조인 LEB 빔을 사용하여 강성이 강화된 것을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.
3. 평면 보관 및 조합 출하 시스템에서 수직 운동을 하는 Z축의 균형 잡음을 위해서 새로운 방법을 제시하여 그 효과를 검증하였다.
4. 개선된 여러 이론들을 통해서 최적화된 평면 보관 및 조합 출하 시스템을 구현하였다.

참고 문헌

- (1) --Watson, R. T. and Brancheau, J. C., 1991, “Key Issues in Information Systems Management : An International Perspective,” *Information & Manage-*

Table 2 Specification of Multiple Crate Stacking and Picking System

	항 목	사 양	비 고
Load	Size	340(W)×340(L)×1318(H)	5단 CRATE
	Weight	MAX. 100 kg	1단(20kg)
X-axis	Traveling length	19,000mm(19M)	Stroke
	Speed	Max. 3.9m/s (234m/min)	
	Acceleration	Max. 1.6m/s ²	
	Power transmission	Friction (Urethane wheel)	
Y-axis	Traveling length	8,000mm(8M)	Stroke
	Speed	Max. 3.5m/s (210m/min)	
	Acceleration	Max. 3.0m/s ²	
	Power transmission	Timing belt	
Z-axis	Stroke	2,300mm	
	Speed	Max. 2.7m/s (162m/min)	
	Acceleration	Max. 4.0m/s ²	
	Power transmission	Rack and pinion / timing belt	
Electric	Power	AC380V×3P	
	Control	Beckhoff	

ment, Vol. 20, pp. 213~223.

- (2) Gustin, C. M., 1994, *The Distribution Management Handbook*, McGraw-Hill, New York.
- (3) Huff, S. L. and Munro, M. C., 1985, "Information Technology Assessment and Adoption : A Field Study," *MIS Quarterly*, Vol. 9, pp. 327~340.
- (4) Park, S. T., Kwon, K. D. and Kim, S. H., 2002, "The Mediation Effect of Logistics Information System Between Logistics Management and Logistics Performance," *Korea Industrial Economics Association*, Vol. 15, pp. 207~222.
- (5) Park, D. G., Lee, G. B. and Kim, H. S., 2002, "An Empirical Study on the Effect of the Management of the Logistics System on Physical Distribution Performance," *Daehan Journal of Business*, Vol. 35, pp. 175~193.
- (6) Shin, D. H, Kim, J. M. and Hong, M. S., 2007, "A Study on the Development of Multiple Crate Stacking and Picking System," *Proceedings of the KSMTE Spring Conference 2007*, pp. 449~454.