

最近의 모터 制御技術의 傾向

1. 모터와 制御

慣性體로서 구성되는 메카니즘의 위치, 속도 등의 기계량을 정보처리할 수 있도록 일렉트로닉스의 힘을 빌려 制御하는 경우에 액츄터(操作器)로서는 에너지 전달성이 가장 우수한 전기 에너지(電力)을 機械에너지(動力)로 바꾸는 모터가 주로 쓰여진다. 이 모터 가운데 位置制御에 쓰여지는 모터는 종래부터 서보모터라고 불리며 우수한 制御性能을 가진 구조로서 만들어진다. 또한 定速制御裝置를 부가시킨 모터는 종래에는 调速機(카바나)付 모터라 불리었다. 그러나 이러한 모터는 目標로 하는 기계량이 다를 뿐만 아니라 그 機械량을 얻기 위하여 필요한 각각의 制御性能을 높이도록 만들어진다. 오는 메카니즘과 일렉트로닉스를 結合한 메카트로닉스의 主體는 이 모터를 쓴 制御로서 대표되는 電子 서보기구로 되어 있다. 이 電子 서보기구는 圖1과 같이 메카니즘(制御對象)의 위치, 속도 등에서 있는 制御량이 목표치에 일치하는 데에서 동작한다. 즉 目標值(指令位置, 指令速度 등)과 制御量(현재위치, 현재속도 등)이 檢出 비교되는 위치, 속도 등의 偏差가 얻어진다. 이 偏差가 0이 되는 것과 같이 서보機構는 負歸還 구성되고 있다. 여기에 調節部에는 速應성을 높이기 위한 比例動作, 殘留偏差(오프 세트)를 없애기 위한 積分動作 및 安定度を 높이기 위한 微分動作 등의 演算이 된다.

位置制御의 경우에는 安定성을 높이기 위한 微分演算은 圖2와 같이 速度센서로서 速度(위치의 微分)를 검출하여 負歸還하는 것에 따라

置換할 수 있어 서보機構의 성능도 향상된다.

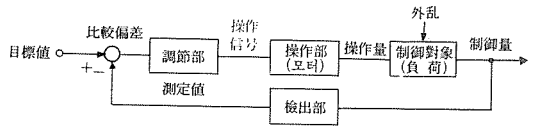


圖 1. 電子서보機構

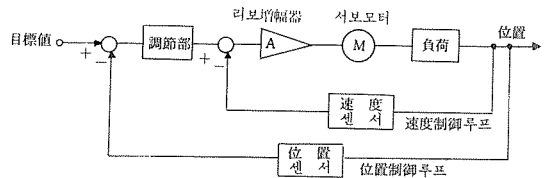


圖 2. 位置制御系

2. 位置制御技術의 傾向

(1) 서보 모터의 種類

서보 모터를 大別하면 非同期 서보모터와 同期 서보 모터로 나누어진다. 이 구별은 서보모터 자체의 傳達關數에 기초를 두고 있다. 즉 어떤 靜的인 勵磁狀態로서 서보모터의 回轉子 位置가 우수한 경우에 復元力이 생기지 않거나 생기는데 따라 非同期서보 모터에 속하는 것인지 결정된다. 또한 잘 변화한다면 同期化力($\partial T / \partial \theta$, T : 토크, θ : 토크角)이 존재하지 않거나 존재하거나로 구별된다.

位置制御에는 同期化力에 상당한 위치에 관한 剛性係數가 반드시 필요하게 된다.

예를 들면 非同期 서보모터에는 그 剛性係數를 位置센서, 比較要素, 서보增幅器, 서보모터 등으로부터 되어 있는 서보 루프(電子루프)로

서 구성된다. 즉 위치에 비례(비례동작)한 반대 방향의 톨크가 생기는 것과 같이 電子루프는 閉루프로 구성되지 않으면 안된다. 그것에 反하여 同期서보모터에는 同期化力이 존재하기 위하여는 閉루프에는 위치제어가 가능하게 된다. 다만 同期서보 모터에 속하는 非同期狀態로 쓰여지고 있는 것과 함께 어떤 히스테리시스 서보모터에는 閉루프를 구성할 필요가 있다.

① 非同期 서보 모터

非同期 서보 모터로서는 電子 서보기구가 쓰여지기 시작한 당초에 主流를 이룬 2相 서보모터 근년에 주류가 되어 있는 직류 서보모터 최근의 새로운 움직임은 보이고 있는 브러시리스 서보모터 및 誘導 서보모터(効率을 희생시켜 回轉子 抵抗을 커지게 하고 安定性을 늘린 2相 서보모터와는 달리 効率이 비교적 좋은 低抵抗의 구조를 가진 것이다.) 등이 있다.

② 同期 서보 모터

同期 서보 모터로서는 簡易 서보기구 등에 쓰여지는 스텝 서보모터, 振動을 低減시키기 위하여 쓰여지는 것으로 생각되는 永久磁石 同期 서보모터 라던가 리액턴스 同期 서보모터, 장래 쓰여질 것으로 생각되는 히스테리시스 서보모터 등이 있다.

(2) 位置制御技術의 動向

이전의 서보기구는 그 모든 것은 아날로그로 구성되었다. 즉 目標位置에 비례한 크기의 直流 또는 交流電壓을 指令信號로서 현재 위치에 비례한 크기의 직류 또는 교류전압과 비교하는 방식이 많다. 그 후 信號對 雜音比(S/N)가 향상되어 신뢰성을 늘리기 위하여 목표 위치에 대응시켜 位相變調된 電壓을 指令電壓으로 하는 방식이 증가하고 있다. 이것은 온도변화, 노이즈 등이 전압의 크기에 주는 영향이 큰 反面, 位相에 미치는 영향은 적어지기 때문이다. 圖2에서 比較部에는 指令電壓의 位相과 현재 위치에 대응된 位相을 가진 位置센서 出力電壓의 位相이 비교되어 그 위상차 모든 위상편차가 검출된다. 이 위상편차가 0이 되면 負歸還구성이 되는 것이기 때문이다.

이 電子 루프는 指令電壓의 위상에 모터 회전 위치에 대응된 위상을 同期比(로크)하기 위한 位相同期比 制御루프(略하여 位相同期 루프

PLL : Phase Locked Loop)라 한다. 위치센서로서는 出力電壓의 위상을 위치로 하여 變調하는 것 예를 들면 레슬바가 잘 쓰여진다. 그 후 디지털 전자계산기로 대표되는 디지털 電子技術이 진보되어 디지털 位置制御의 數가 증가되고 있다. 여기에 디지털 制御로는 位置制御系의 中心部로 되어 있는 비교부가 디지털 演算要素로 되어 있는 것이 좋다.

모든 要素가 디지털化(符號化)되는 것은 끝이 없다. 이 디지털 제어를 大別하면 두가지로 나누어진다. 그중 하나는 디지털 요소가 소프트웨어(약하여 소프트웨어 프로그램)를 쓰여진 디지털 하드웨어로서 구성되는 하드 방식에 있다. 다른 하나는 디지털要素에 소프트웨어를 이용한 소프트웨어 방식에 있다. 이 소프트웨어 방식은 디지털 전자계산기적인 演算이 행하여지기 때문에 컴퓨터 제어라고도 불리어진다. 즉 마이크로 컴퓨터는 초소형 디지털 전자계산기로 되어 있기 때문에 마이크로에 의한 제어는 이 소프트웨어 방식에 있다. 마이크로 진보에 따라 이 소프트웨어 방식의 디지털 制御가 수를 늘리고 있다. 당초는 마이크로 演算·處理速度가 비교적 늦어지기 때문에 서보루프의 外側에 마이크로가 쓰여졌다. 예를 들면 수치제어 공작기계에서는 전력반의 시퀀스제어, 直線補間이던가 円弧補間 등의 補間演算, 指令值 및 현재 위치의 표시 등에 있다.

그 후 마이크로 演算처리의 속도의 향상과 함께 위치제어 루프의 비교부, 조절부 등의 연산 처리가 행하여진다. 특히 던핀글 루프의 비교부, 파워 增幅部와 마이크로에 의한 소프트웨어가 증가되는 경향에 있다. 결국 아날로그 制御로부터 디지털제어로 디지털 제어에 있어서도 하드방식으로부터 소프트웨어 방식으로 소프트웨어 방식에 있어서도 서보루프 外側으로부터 內側으로 특히 루프의 깊은 것에 소프트웨어가 침투되고 있는 경향이다.

(3) 高精度 位置制御의 動向

아날로그 制御로부터 디지털 制御로 그 수가 증가하고 있는 경향에 있다는 것은 현시점에서는 아날로그 제어의 것이 위치 결정에 精度가 높은 경우도 있다는 것에 주의를 요한다.

일반으로 긴 行程의 위치결정에서는 디지털 제어의 것이 精度가 높은 경향이 있다. 그러나

數十 μ 이라는 짧은 行程에서는 아나로그 制御의 것이 정도가 높은 경향이 있다.

어쨌든 전자회로의 飽和에 따라 전압범위가 일정하다. 行程이 짧아진다면 짧은 아나로그 위치센서의 出力電壓對 거리특성의 傾度를 크게 할 수 있게 하기 위하여는 아나로그 制御에 있어서 電壓變動分에 대한 거리오차의 절대치가 적어지게 되기 때문이다. 그것에 반하여 디지털 制御에 있어서는 예를 들면 回轉 엔코더의 스트리트의 1 피치 間隔은 가공정도에 한계가 있다. 그래서 1 피치에 대응한 거리이내의 위치 결정에는 불가능하다.

그러나 긴 行程의 경우에도 1 피치間隔은 변하지 않기 때문에 全長에 대한 피치간격의 비가 적어지게 된다. 여하튼 긴 行程의 아나로그 제어에는 일정한 전압변화분에 대한 거리오차의 절대치가 커지게 된다.

그렇더라도 긴 行程의 고정도 위치 제어에는 처음에는 디지털 제어로서 목표위치 가까운 곳에 결정되지만 1 피치 이내에 달하는 時點에는 아나로그 制御에 切換되는 것으로 고정도 위치 제어를 결정하게 된다.

또한 소프트화에 따라 고신뢰화와 저가격화를 도모할 수 있다. 그것도 거기에 덧붙여진 制御性能을 높이는 것도 가능하게 된다.

즉 負荷 등의 변화로서 제어대상의 전달관수가 변화한 경우, 최적제어계를 구성하기 위하여는 루프이득 등을 변화시키지 않으면 안된다. 이점 마이콘을 쓴다면 비교적 용이하게 루프이득 등을 변화할 수 있다. 그래서 常時, 制御對象의 변화에 추종하여 최적제어계를 구성할 수 있다. 요는 부하상태에 항상 적응되는 제어계를 얻을 수 있기 때문이다. 이것이 소위 適應 制御이다.

또한 서보기구에 非線形性이 들어가는 경우에는 그점의 신호레벨에 따라 전달관수가 변화해 항상 최적제어계를 구성하는 것이 불가능하다. 이점도 마이콘에서는 非線形性을 보상시켜 선형화하는 것에 따라 항상 최적제어를 행할 수 있게 된다. 이것을 소위 非線形補償 制御라 한다.

특히 지정된 용량의 서보모터를 쓰는 경우 선형계에는 응답에 한계가 있다. 그래서 故意로

非線形性을 이용하여 보다 速應性을 높일 수 있다. 이것이 소위 非線形最適 制御라고 부르게 된다.

이 점도 마이콘을 쓰는 것에 따라 비교적 용이하게 제어할 수 있게 된다.

(4) 位置 制御에 의한 高性能 定速化 制御

정속도를 얻는 경우 일반적으로 속도지령을 쓴 속도제어가 쓰여진다. 일정 주파수가 일정위상의 기준신호에 모터회전위상을 로크한 同期化 制御(PLL 制御)를 쓰는 경우도 있다. 그러나 어떤 정하여진 위치의 범위에서 정속도를 얻는 경우에는 위치제어계를 구성시켜 놓고 위치지령치를 일정한 속도로서 변화시키는 方式을 채용하는 것에 따라 보다 고성능으로 정속화시키는 것이 가능하다.

위치제어루프의 비교부에 위상검파기(위상비교기)를 쓴 위상변조 지령방식의 위치제어계에는 無限時間에서도 一定速度를 얻을 수 있게 된다. 왜냐하면 지령전압의 위상을 일정한 속도로 변화시키는 것은 그것에 상당한 주파수를 일정치 만으로 균등하게 하므로서 무한시간에서도 위상을 일정한 속도로서 변화시킬 수 있기 때문이다. 요는 電子回路內의 전압에는 포화치가 있으나 위상에는 포화가 없다는 것에 따른 것이다.

(5) 位置 制御用 서보 모터의 장래

현재의 위치제어에 쓰여지는 모터, 소위 서보 모터로서는 고성능 위치제어계로서는 閉루프 제어로서 쓰는 直流서보 모터가 주류로서 간이제어계에는 開루프제어가 가능한 스테프 서보 모터가 주류로 되어 있다. 새로운 움직임으로는 開루프 制御用의 브러시리스 서보모터와 誘導 서보모터가 있다. 이러한 서보모터의 결점을 본다면 직류 서보모터는 브러시리스의 존재가 결점이다.

또한 브러시리스 서보 모터는 영구자석이 비교적 고가이다. 그리고 유도서보모터는 비교적 효율이 낮다. 이러한 것을 생각한다면 磁氣凹凸性의 회전자 구조를 가진 리액턴스 브러시리스 서보 모터가 쓰여지는 것을 생각할 수 있다. 그 경우 직선성은 마이콘 演算과 톨크角 제어에 따라 높아질 수 있다. 또한 스테프 서보모터는 振動이 커지는 것과 스테프角이 커지는 결점이

있다. 그래서 스테프化 正弦波에 의한 마이크로 스테프를 쓰는 경향이 있으나 이 스테프 數를 무한대로 한다면 永久磁石 또는 리액턴스 同期서보모터가 된다. 진동의 점에서는 히스테리시스 서보모터가 우월하다.

그러나 현재의 것은 효율이 낮다. 여하튼 回轉磁界를 쓴 서보모터에는 多極構造의 경우에는 하나의 單卷 코일이 많은 勵磁할 수 있기 위하여는 胴損이 적어지며 어떤 경우에는 직류서보모터를 상회하는 효율이 얻어지는 것을 생각할 수도 있으나 인버터기술의 진보와 함께 同期서보모터의 수요도 증가하고 있다고 생각된다. 또한 電磁力에 의하지 않는 超音波서보모터도 주목되고 있다.

3. 速度制御技術의 경향

(1) 定速制御用 모터의 종류

정속제어용 모터를 大別하면 非同期모터와 同期모터로 나누어진다. 이 구별은 모터 자체의 전달관수에 기반을 두고 있다. 즉 어떤 회전상태에서 모터의 회전위상이 우수한 경우 復元力이 생기지 않거나 생기는 데 따라 非同期모터에 속하던가 同期모터에 속하는지가 결정된다.

어떤 변화가 있다면 同期化력이 존재하던가 없던가 구별된다. 정속제어에는 동기화력에 상당한 회전위상각에 관한 剛性係數가 필요하게 되는 것이 끝이 없다. 그러나 속도 w 에 관한 剛性係數는 반드시 필요하게 된다. 非同期모터와 함께 이 剛性係數 ($\partial T / \partial w$: 制動定數, 회전각에 관한 모터 고유의 制動係數)는 다소 갖게 된다. 전원전압, 부하 토크 등이 일정하다면 정속도로서 운전이 가능하다. 그러나 한층 더 정속성을 갖게 하기 위하여는 電子 루프를 부가할 필요가 있다. 그점 同期모터에는 電子 루프를 附加시키는 것과 함께 전원 주파수가 일정하게 된다면 평균속도로서 운전이 가능하다. 즉 同期모터는 비교적 고정도한 開루프 속도제어가 가능하다. 非同期모터로서는 종래부터 汎用모터로서 주류가 되고 있는 誘導모터, 영구자석의 진보에 따라 수요를 증가시키는 직류모터,

또는 가전기기 등에 수요를 확보하고 있는 유니버설 모터, 電子技術의 진보에 따라 수요를 증가시키는 경향이 강하며 自勵驅動回路와 일체화 기능을 이루는 것을 특징으로 한 브러시리스모터 등이 있다. 동기모터로서는 시계, 다이아 등에 주류를 점하는 영구자석 동기모터, 아나로그 수정시계를 비롯하여 연속紙送 등에도 수요가 늘고 있는 스테프모터, 종래부터 고급기기의 정속용으로서 쓰여지며 현재는 수요가 저조한 히스테리시스모터, 저가격의 磁氣 凹凸性의 회전자 구조를 가진 리액턴스 同期모터 등이 있다.

(2) 定速制御技術의 동향

정속제어방식으로서의 위치제어에 의한 방식과 開루프方式을 제외하면 속도지령방식과 동기화 제어방식의 두가지가 주된 것이다. 前者의 속도지령방식은 圖3과 같이 목표속도에 비례한 설정전압을 속도제어 루프에 지령할 방식도 있으며 종래부터 쓰여지는 비교적 간단한 구성으로 되어 있다. 그러나 주위온도의 변화에 따라 속도가 서서히 변화하여 소위 드리프트를 발생시키는 결점이 있다.

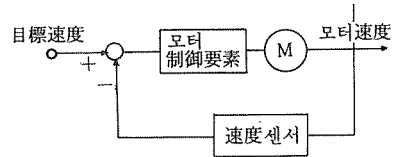


圖 3. 速度指令式定速制御系

그것에 비하면 後者の 同期化 制御方式은 圖4와 같이 기준신호의 위상에 모터 回轉位相을 동기화하기 위하여는 기준신호로서 온도변화에 대하여도 주파수가 안전한 출력을 생기게 하는 수정발진기로부터의 신호를 쓰는 것에 따라 속도변동을 低減시킬 수 있다. 이것이 소위 크리스탈(Quartz는 石英을 의미하여 석영의 單結晶을 의미하는 크리스탈보다 넓은 의미를 포함한다.) 로크라 할 수 있는 同期化(PLL) 制御方式도 있다. 제어성능을 향상시키기 위하여는 位相同期化制御루프(PLL)의 內側의 副루프로서 速度制御루프를 병용하는 경우가 많

다. 크리스탈(쿼츠) 로크에 의한 同期化 制御 이외에 속도지령 방식에 디지털制御를 가미하는

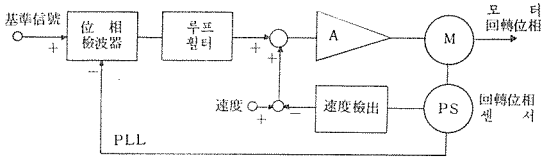


圖 4. 同期化制御系

것에 따라 드리프트를 低減시킬 수 있다. 이것은 속도지령치 및 속도검출치를 디지털化할 즉 신호대 잡음비(S/N)의 높은 2進符號로서 기록하는 것에 따라 온도변화에 의한 지령전압의 변화가 생기지 않을 수 없게 할 수 있기 때문이다. 이 디지털制御에도 마이콘이 사용되어 마이콘의 演算처리속도의 향상과 함께 높은 주파수를 가진 속도변화분 소위 파워영역의 속도안정화에도 소프트方式이 확장되는 경향에 있다. 속도제어 루프內에 있어서도 보다 모터의 가까운 데 까지 소프트化가 침투해 모터특성의 보상까지 행하여지는 경향에 있다. 또한 속도를 안정화하며 고효율운전을 하기 위하여는 負荷 토크의 변동에 대응한 유도모터의 電壓을 변화 力率을 제어하므로써 直流分巻 모터의 固定子 및 회전자 전류를 제어하는 것도 行하여진다. 또한 負荷特性에 따라 공급변동에 대응한 속도 지령치를 변화시켜 가변속 정속제어계를 구성할 것이 필요한 경우도 있으나 거기에는 주로 펄스 幅化 正弦波를 출력할 인버터가 쓰여진다. 制御系가 소프트化의 경향에 있으며 가격성 등으로부터 아날로그制御가 적당한 경우도 많으나 속도지령방식에 있어서도 기계카바나식 직류마이크로 모터의 수요도 많으며 그밖에 전자카바나方式, 다코쥬네레터方式, 특히 同期化制御方式에도 고급성이 강하게 된다. 동기화제어方式에 있어서도 스카라入出力에 의한 1入出力 제어방식에 따라 平面벡틀성분에 기초로 한 2入出力 制御에 의한 2相 位相 檢波器를 비교부에 쓴 方式이 고급성이 강하다.

(3) 定速用모터의 將來

현재 정속용에 쓰여지는 모터로서는 다음의

것이 있다. 즉 주로 오디오, 비디오분야에는 직류모터 및 브러시리스 모터, 가전기기에는 유도모터 및 유니버설 모터 OA관계기에는 스테프 모터, 브러시리스 모터 및 리액턴스 동기모터, 계측기에는 직류모터, 브러시리스 모터 및 스테프 모터, 정밀기에는 영구자석 모터 및 스테프 모터, 산업기에는 유도모터 및 직류모터 항공 우주기에는 히스테리시스모터 및 유도모터 등이 있다.

이러한 각 분야에 쓰여지는 모터의 동향으로서는 신뢰성과 효율의 점에서 비교적 우위에 선 영구자석 회전자 모터(영구자석 브러시리스 모

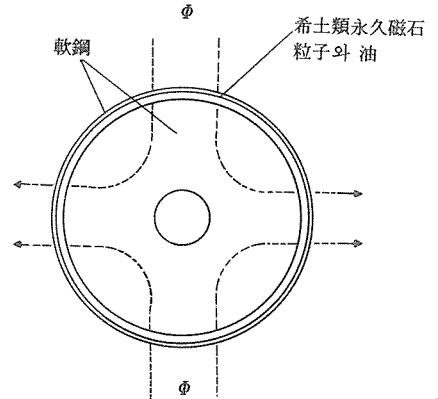


圖 5. 永久磁石粒子式히스테리시스 모터

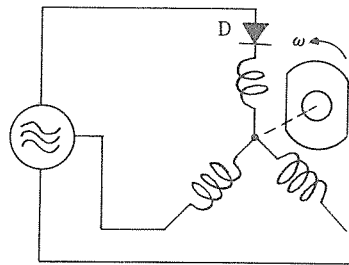


圖 6. 리액턴스半速모터

터 : 단지 브러시리스 모터라 불리게 된다. 영구자석 스테프 모터, 영구자석 동기모터)의 수요가 증가하고 있는 경향에 있다. 그것에 반하여 히스테리시스모터 및 리액턴스 회전자 모터(리액턴스 同期모터, 리액턴스 스테프 모터, 리액턴스 브러시리스 모터 등)의 수요가 저조하다. 장래 정밀가공이 비교적 용이한 모터값 길이가

짧아진다면 히스테리시스모터 및 리액턴스 회
轉子 모터의 효율이 향상되는 것도 생각할 수
있으며 저가격성이 이루어진다면 그 수요도 증
가할 것으로 생각된다. 예를 들면 비교적 생
산성이 좋은 휘라이트 자석 원판을 쓴 액살 에
어캄의 히스테리시스 모터이던가 希土類 영구
자석 입자간의 고체마찰을 이용한 圖5와 같은

히스테리시스 모터가 그 예이다.

또한 리액턴스 회轉子 모터에 속하는 모터로
서는 磁氣凹凸性을 가진 시동 토크를 가진 半
速度의 無負荷速度를 가진 것을 이용한 圖6의
리액턴스半速모터이던가 리액턴스 非同期 모터
등의 예도 있다. 또한 리액턴스 整流子모터의
가능성도 생각할 수 있다.

用語解説

■ 이미지 프로세서

畫像處理裝置의 것으로 숫자와 문자는 없고
形, 像, 畫像, 映像 등 이미지의인 정보를 컴퓨
터로서 處理, 合成하기 위한 시스템이다. 高度
情報社會를 지탱하는 新技術의 하나로서 최근
주목되고 있다. 이미지는 모든 아날로그 정보를
컴퓨터 처리하기 위하여는 디지털 信號로 바꿀
필요가 있다. 수년래의 반도체와 센서기술의 진
보로서 아날로그 정보를 微小한 點을 모아서 디
지탈化하는 것이 용이하지 않기 때문에 이미지
프로세서의 실용화가 급속히 이루어지기 시작하
였다.

실용화에서는 미국이 앞서 디안자社 이외에
람덱社, 콤달社 등의 벤취企業이 商品化, 시장
을 개척하고 있다. 일본에서는 아직 본격적인
상품은 아니나 미국에서 상품을 도입하여 醫療,
컴퓨터 그래픽, 애니메이션, 檢車, 出版 등 넓
은 분야에서 쓰여질 것으로 보여진다.

■ PROLOG

프로그래밍 로직의 略語이다. 컴퓨터의 프로
그램을 글로 쓰기 위한 언어의 하나로서 문제와
그 해결방법, 지식과 그 사용방법을 기술하는데
적합한 非手順 言語이다.

非手順言語로서는 이외에 LISP가 유명하며
그 성격으로부터 人工知能用 언어로서 새로이
컴퓨터의 이용분야를 개척하는 것으로 注目된다.
PROLOG는 論理의 흐름을 나타내는 쪽으로 쓰
여지는 것이기 때문에 특히 推論機能을 가진 知
的 데이터 베이스의 실현을 가능하게 하는 것으
로 기대되고 있다. PROLOG가 가진 성격으로부
터 1990年代 이후의 새로운 컴퓨터라는 第5世
代 컴퓨터에서도 핵심언어로서 豫定되고 있으며
현재 개발이 이루어지고 있다. 미국에서는 이미
人工知能의 연구분야에서 폭넓게 연구가 행하여
지고 있다.