(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
G06T 17/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년06월07일
(11) 등록번호 10-0586276
(24) 등록일자 2006년05월26일

(21) 출원번호 10-1999-7011526
(22) 출원일자 1999년12월07일
번역문 제출일자 1999년12월07일
(86) 국제출원번호 PCT/JP1999/001876
국제출원일자 1999년04월08일

(65) 공개번호 10-2001-0013519
(43) 공개일자 2001년02월26일
(87) 국제공개번호 WO 1999/53445
국제공개일자 1999년10월21일

(81) 지정국 국내특허 : 오스트레일리아, 브라질, 캐나다, 중국, 이스라엘, 대한민국, 멕시코, 터어키, 우크라이나, 베트남, 폴란드, 러시아, 인도네시아,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 가나, 짐바브웨, 감비아, 시에라리온,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장 10-97065 1998년04월09일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시키가이샤 소니 컴퓨터 엔터테인먼트
일본국 도쿄도 107-0062 미나토구 미나미-아오야마 2-6-21

(72) 발명자 사사키노부오
일본국도쿄도미나토구아카사카7쵸메1반1고가부시키가이샤소니컴퓨터
엔터테인먼트내

(74) 대리인 윤동열
이선희

심사관 : 마정윤

(54) 화상처리장치 및 화상처리방법, 프로그램 기록매체, 및 데이터 기록매체

요약

본 발명은, 폴리곤(polygon)으로부터 매끄러운 3차원 형상을 구성하는 서브 폴리곤을 얻는 것을 목적으로 한다.

사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$의 정점 P_1과 P_2 사이를 보간하는 보간선 B_{12}로서의 베지어(Bezier) 곡선이 법선벡터 n_1,n_2에 기초하여 구해지는 동시에, 정점 P_3과 P_4 사이를 보간하는 보간선 B_{34}이 법선벡터 n_3,n_4에 기초하여 얻어진다. 또한, 보간선 B_{12}, B_{34}상에 보간점 P_{12},P_{34}가 구해진다. 또한, 정점 P_1과 P_3 사이를 보간하는 보간선 B_{13}, 및 정점 P_2와 P_4 사이를 보간

하는 보간선 B_{24}도 같은 형태로 하여 구해지고, 보간선 B_{13},B_{24}상에 보간점 P_{13},P_{24}가 구해진다. 또한, 보간점 P_{12}와 P_{34} 사이을 보간하는 보간선 B_{1234}도 같은 형태로 하여 구해지고, 보간선 B_{1234}상에 보간점 P_{1234}가 구해진다. 이상에 의해, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4$는 사각형 폴리곤 $P_1P_{12}P_{1234}P_{13}$, $P_{12}P_2P_{24}P_{1234}$, $P_{1234}P_{24}P_4P_{34}$, 및 $P_{13}P_{1234}P_{34}P_3$의 4개의 서브 폴리곤으로 분할된다.

대표도

도 15

색인어

보간(interplaotion)선, 보간점, 폴리곤(polygon), 서브 폴리곤, 정점, 법선 (法線)벡터, 베지어(Bezier) 곡선, 클라이언트(client), 섀이딩(shading)

명세서

기술분야

본 발명은, 화상처리장치 및 화상처리방법, 프로그램 기록매체, 및 데이터 기록매체에 관한 것으로, 특히, 예를 들면, 대략적인 형상으로부터 상세한 형상의 화상을 생성할 수 있도록 하는 화상처리장치 및 화상처리방법, 프로그램 기록매체, 및 데이터 제공장치에 관한 것이다.

배경기술

프로세서 및 메모리 등의 고집적화, 고속화 등에 따라서, 종래는 곤란했던 3차원 화상의 실시간(real time) 생성이 가능하게 되고, 이것에 의해, 예를 들면, 비디오 게임기 등에 있어서 임장감(臨場感) 있는 3차원 화상(3차원 그래픽)의 표시가 가능하게 되어있다. 또한, 3차원 화상을 표시하는 경우에 있어서, 많은 경우, 그 3차원 화상을 복수의 폴리곤(polygon; 단위도형)으로 분해하고, 그것들의 폴리곤 각각을 묘화(drawing)함으로써 3차원 화상 전체를 묘화하도록 되어있다. 따라서, 이와 같이 하여 묘화되는 3차원 화상은 폴리곤의 조합에 의해 정의되어 있다라고 말할 수 있다.

그러나, 3차원 화상의 제작은, 예를 들면, 와이어(wire) 프레임에 의해 3차원 형상을 구성하는 것 등에 의해 수행되지만, 와이어 프레임을 구성하는 데는 3차원 형상에 대하여 상세한 파라미터(parameter)를 제작자가 설정해야만 하고, 번거로움이 있다. 즉, 3차원 형상이 복잡하게 되는 것에 따라 와이어 프레임의 파라미터도 미세하게 설정할 필요가 있고, 번거로움이 있다.

본 발명은, 이와 같은 상황에 감안하여 이루어진 것이고, 대략적인 형상으로부터 상세한 형상의 화상을 생성할 수 있도록 하는 것이다.

발명의 상세한 설명

청구항 1항에 따른 화상처리장치는, 단위도형의 정점에서의 그 정점(頂点)과 다른 정점 사이를 보간(interpolation)하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출수단; 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 25항에 따른 화상처리방법은, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출단계; 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 49항에 따른 프로그램 기록매체는, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출단계; 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출단계;를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것을 특징으로 한다.

청구항 74항에 따른 화상처리장치는, 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단; 및 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성수단;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 91항에 따른 화상처리방법은, 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 한다.

청구항 108항에 따른 프로그램 기록매체는, 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성단계;를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것을 특징으로 한다.

청구항 125항에 따른 데이터 기록매체는, 단위도형이 입력되는 경우에, 그 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간선용 벡터를 생성함으로써 얻어지는 정점에서의 보간용 벡터 및 정점의 좌표를 화상에 대한 데이터로서 적어도 제공하는 것을 특징으로 한다.

청구항 133항에 따른 화상처리장치는, 제공장치가, 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단; 및 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성수단;을 포함하고, 클라이언트장치가, 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터로부터 보간선을 구하는 보간선 산출수단; 및 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 1항에 따른 화상처리장치에 있어서, 보간선 산출수단은, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하고, 보간점 산출수단은 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하도록 되어있다.

청구항 25항에 따른 화상처리방법에 있어서, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하고, 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하도록 되어있다.

청구항 49항에 따른 프로그램 기록매체에 있어서, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하고, 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 컴퓨터 프로그램을 제공하도록 되어있다.

청구항 74항에 따른 화상처리장치에 있어서, 조작수단은 단위도형을 입력하는 경우에 조작되고, 보간용 벡터 생성수단은 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하도록 되어있다.

청구항 91항에 따른 화상처리방법에 있어서, 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하도록 되어있다.

청구항 108항에 따른 프로그램 기록매체에 있어서, 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 컴퓨터 프로그램을 제공하도록 되어있다.

청구항 125항에 따른 데이터 기록매체에 있어서, 단위도형이 입력되는 경우에, 그 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간선용 벡터를 생성함으로써 얻어지는 정점에서의 보간용 벡터 및 정점의 좌표를 화상에 대한 데이터로서 적어도 제공하도록 되어있다.

청구항 133항에 따른 화상처리장치에 있어서, 조작수단은 단위도형을 입력하는 경우에 조작되고, 보간용 벡터 생성수단은, 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하도록 되어있다. 보간선 산출수단은 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터로부터 보간선을 구하고, 보간점 산출수단은 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하도록 되어있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명을 적용한 데이터 제공시스템의 하나의 실시형태의 구성예를 도시하는 도이다.

도 2는 도 1의 데이터 제공장치 1의 구성예를 도시한 블록도이다.

도 3은 도 1의 사용자 단말 4의 구성예를 도시한 블록도이다.

도 4는 보간선의 산출 방법을 설명하기 위한 도이다.

도 5는 각도 Θ_1 및 Θ_2가 같은 경우의 보간선을 도시한 도이다.

도 6은 제어변 길이 L_1 및 L_2를 구하는 방법을 설명하기 위한 도이다.

도 7은 제어변 길이 L_1 및 L_2를 구하는 방법을 설명하기 위한 도이다.

도 8은 각도 Θ_1 및 Θ_2가 다른 경우의 보간선을 구하는 방법을 설명하기 위한 도이다.

도 9는 제어점 산출처리를 설명하기 위한 순서도이다.

도 10은 보간선을 구한 시뮬레이션 결과를 도시한 도이다.

도 11은 보간선을 구한 시뮬레이션 결과를 도시한 도이다.

도 12는 보간선을 구한 시뮬레이션 결과를 도시한 도이다.

도 13은 보간선을 구한 시뮬레이션 결과를 도시한 도이다.

도 14는 3차원 형상을 구성하는 폴리곤에 대한 보간선을 구하는 방법을 설명하기 위한 도이다.

도 15는 미세 분할처리를 설명하기 위한 도이다.

도 16은 서브 폴리곤의 정점에서의 법선벡터를 구하는 방법을 설명하기 위한 도이다.

도 17은 미세 분할처리에 있어서 정점에서의 법선벡터만을 보간용 벡터로서 이용한 경우의 어려움을 설명하기 위한 도이다.

도 18은 미세 분할처리에 있어서 정점에서의 법선벡터만을 보간용 벡터로서 이용한 경우의 어려움을 설명하기 위한 도이다.

도 19는 보간용 벡터로서 곡선보간용 법선벡터 및 테두리선 보간용 법선벡터 모두를 채용한 경우의 미세 분할처리를 설명하기 위한 도이다.

도 20은 분할용 폴리곤 데이터 생성처리를 설명하기 위한 순서도이다.

도 21은 도 20의 단계 S14의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 22는 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어(Bezier) 곡선이 순차적으로 그려져 가는 상태를 도시한 도이다.

도 23은 테두리선 보간용 법선벡터(테두리선의 법선벡터)를 설명하기 위한 도이다.

도 24는 도 20의 단계 S16의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 25는 테두리선 보간용 법선벡터를 사용하여 얻어지는 보간선 및 곡면보간용 법선벡터를 사용하여 얻어지는 보간선을 도시한 도이다.

도 26은 분할용 폴리곤 데이터의 형식을 도시한 도이다.

도 27은 미세 분할처리를 설명하기 위한 순서도이다.

도 28은 미세 분할처리를 설명하기 위한 도이다.

도 29는 도 27의 단계 S21 및 S22의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 30은 도 27의 단계 S23 및 S24의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 31은 도 27의 단계 S25의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 32는 도 27의 단계 S26의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 33은 도 27의 단계 S25의 처리를 설명하기 위한 도이다.

도 34는 테두리선의 분할처리를 설명하기 위한 순서도이다.

도 35는 폴리곤 내부의 분할처리를 설명하기 위한 순서도이다.

도 36은 미세 분할처리의 대상으로서의 입방체를 구성하는 폴리곤을 도시한 도이다.

도 37은 도 36의 폴리곤에 대하여 미세 분할처리를 수행하지 않은 경우의 묘화 결과를 도시한 디스플레이상에 표시한 중간조(halftone) 화상의 사진이다.

도 38은 도 36의 폴리곤에 대하여 미세 분할처리를 수행한 경우의 묘화 결과를 도시한 디스플레이상에 표시한 중간조 화상의 사진이다.

도 39는 미세 분할처리의 대상으로서의 입방체에 주어지는 보간용 법선벡터를 변경한 상태를 도시한 도이다.

도 40은 도 36의 폴리곤에 대하여 미세 분할처리를 수행한 경우의 묘화 결과를 도시한 디스플레이상에 표시한 중간조 화상의 사진이다.

도 42는 도 36의 폴리곤에 대하여 미세 분할처리를 수행한 경우의 묘화 결과를 도시한 디스플레이상에 표시한 중간조 화상의 사진이다.

도 43은 도 3의 사용자 단말 4의 처리를 설명하기 위한 순서도이다.

도 44는 사용자 단말 4가 비디오 게임기로서 구성되어 있는 경우의 전기적 구성예를 도시한 블록도이다.

도 45는 도 44의 그래픽 메모리 118의 구성예를 도시한 블록도이다.

실시예

이하에, 본 발명의 실시형태를 설명하지만, 그 전에, 청구항에 따른 발명의 각 수단과 이하의 실시형태의 대응 관계를 명확하게 하기 위하여, 각 수단 뒤의 괄호 안에 대응하는 실시형태(단지, 일례)를 부가하여 본 발명의 특징을 설명하면, 아래와 같이 된다.

즉, 청구항 1항에 따른 화상처리장치는, 단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리함으로써, 단위도형을 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 화상처리장치로서, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S31 내지 S35 및 도 35에 도시된 프로그램의 처리 단계 S41 내지 S45 등); 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S36 및 도 35에 도시된 프로그램의 처리 단계 S46 등);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 3항에 따른 화상처리장치는, 제 1보간선상의 보간점에서의 보간용 벡터를 제 1정점 및 제 2정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 동시에, 제 2보간선상의 보간점에서의 보간용 벡터를 제 3정점 및 제 4정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S36 등)을 추가로 포함하고, 보간선 산출수단이, 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 보간용 벡터 및 그 보간점의 좌표로부터 제 5의 보간선을 구하는 것을 특징으로 한다.

청구항 14항에 따른 화상처리장치는, 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출수단(도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S36 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 16항에 따른 화상처리장치는, 보간용 벡터 산출수단에 의하여 구해진 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S37 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 18항에 따른 화상처리장치는, 화상이 3차원 화상이고, 서브 단위도형을 렌더링(rendering)하는 렌더링수단(예를 들면, 도 3에 도시된 렌더링부 25 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 21항에 따른 화상처리장치는, 화상이 3차원 화상이고, 보간선 산출수단이, 베지어 곡선인 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S31 내지 S33 등); 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S34 등); 및 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S35 등);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 22항에 따른 화상처리장치는, 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 기록매체에 기록되어 있는 경우에, 그 기록매체로부터 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 재생하는 재생수단(예를 들면, 도 3에 도시된 수신/재생장치 21 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 23항에 따른 화상처리장치는, 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 전송로를 통하여 전송되어 오는 경우에, 그 전송로를 통하여 전송되어 오는 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 수신하는 수신수단(예를 들면, 도 3에 도시된 수신/재생장치 21 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 24항에 따른 화상처리장치는, 화상이 3차원 화상이고, 소정의 입력을 주는 경우에 조작되는 조작수단(예를 들면, 도 3에 도시된 입력부 28 등); 단위도형에 관한 데이터를 기록매체로부터 읽어들이고, 그 데이터에 대하여 조작수단으로부터의 입력에 대응하는 기하학적(geometry) 처리를 수행하는 기하학적 처리수단(예를 들면, 도 3에 도시된 기하학적 처리부 23 등); 기하학적 처리 후의 단위도형을 분할하여 얻어지는 서브 단위도형을 2차원 출력장치의 좌표계의 서브 단위도형으로 변환하는 변환수단(예를 들면, 도 3에 도시된 렌더링부 25 등); 및 변환수단에 의하여 변환된 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링수단(예를 들면, 도 3에 도시된 렌더링부 25 등);을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 74항에 따른 화상처리장치는, 단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리하는 화상처리장치로서, 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단(예를 들면, 도 2에 도시된 입력부 11 등); 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성수단(예를 들면, 도 2에 도시된 데이터 처리부 12 등); 및 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 제공하기 위한 제공수단(예를 들면, 도 2에 도시된 송신/기록장치 18 등);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 82항에 따른 화상처리장치는, 단위도형을 정점의 좌표 및 보간용 벡터에 기초하여 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 분할수단(예를 들면, 도 2에 도시된 분할 처리부 14 등); 및 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링수단(예를 들면, 도 2에 도시된 렌더링부 15 등);을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 83항에 따른 화상처리장치는, 분할수단이, 정점의 좌표 및 보간용 벡터에 기초하여 보간선을 구하는 보간선 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S31 내지 S35 및 도 35에 도시된 프로그램의 처리단계 S41 내지 S45 등); 및 보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S36 및 도 35에 도시된 프로그램의 처리 단계 S46 등);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 84항에 따른 화상처리장치는, 분할수단이, 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S36 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 86항에 따른 화상처리장치는, 분할수단이 보간용 벡터 산출수단에 의하여 구해진 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S37 등)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 90항에 따른 화상처리장치는, 화상이 3차원 화상이고, 보간선 산출수단이, 베지어 곡선인 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S31 내지 S33 등); 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S34 등); 및 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출수단(예를 들면, 도 34에 도시된 프로그램의 처리 단계 S35 등);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

청구항 133항에 따른 화상처리장치는, 단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리하는 화상처리장치로서, (a)화상에 대한 데이터를 제공하는 제공장치; 및 (b)제공장치로부터 데이터를 제공받으며 단위도형을 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 클라이언트(client)장치;를 포함하고, (a)제공장치가, ①단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단(예를 들면, 도 2에 도시된 입력부 11 등); ②조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성수단(예를 들면, 도 2에 도시된 데이터처리부 12 등); 및 ③단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 클라이언트 단말에 제공하는 제공수단(예를 들면, 도 2에 도시된 송신/기록장치 18 등);을 포함하며, (b)클라이언트장치가, ①단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터로부터 보간선을 구하는 보간선 산출수단(예를 들면, 도 3에 도시된 분할 처리부 24 등); ②보간선상의 점인 보간점을 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단(예를 들면, 도 3에 도시된 분할 처리부 24 등); ③서브 단위도형을 2차원 출력장치의 좌표계의 서브 단위도형으로 변환하는 변환수단(예를 들면, 도 3에 도시된 렌더링부 25 등); 및 ④변환수단에 의하여 변환된 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링수단(예를 들면, 도 3에 도시된 렌더링부 25 등);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 물론 이러한 기재는 각 수단을 위에서 설명한 것에 한정하는 것을 의미하는 것은 아니다.

도 1은 본 발명을 적용한 데이터 제공시스템(시스템으로서는 복수의 장치가 논리적으로 집합된 것을 말하고, 각 구성의 장치가 동일 하우징(housing) 안에 있는가 아닌가는 묻지 않는다)의 일실시형태의 구성예를 도시하고 있다.

이러한 데이터 제공시스템에 있어서, 데이터 제공장치 1측에서 생성된 3차원 화상의 데이터가 사용자 단말 4로 제공되도록 되어있다.

즉, 데이터 제공장치 1에서, 제작자에 의하여, 3차원 화상의 데이터, 즉, 3차원 형상을 구성하는 폴리곤의 데이터 등이 생성되고, 예를 들면, 인터넷, 위성 회선, 지상파, CATV(Cable Television)망, PSTN(Public Switched Telephone Network) 또는 ISDN(Integrated Services Digital Network) 등의 전송매체(전송로) 2를 통하여 송신됨으로써, 사용자 단말 4에 제공된다. 또한, 택일적으로, 데이터 제공장치 1에서 생성된 3차원 화상의 데이터는, 광 디스크, 자기 디스크, 자기 테이프 또는 위상변화(phase-change) 디스크 등의 기록매체 3에 기록됨으로써, 사용자 단말 4에 제공된다.

사용자 단말 4에서, 데이터 제공장치 1로부터, 위에서 설명한 바와 같이 하여 제공되는 데이터가 처리되고, 3차원 화상이 표시된다.

도 2는 도 1의 데이터 제공장치 1의 구성예를 도시하고 있다.

입력부 11은, 키보드, 마우스 또는 태블릿(tablet) 등으로 이루어지고, 3차원 형상을 구성하는 폴리곤을 작성하기 위한 데이터를 입력하는 경우, 폴리곤에 매핑(mapping)되는 텍스쳐(texture)를 지정하는 경우, 또는, 필요한 명령 등을 입력하는 경우 등에 조작된다. 여기서, 입력부 11가 조작됨으로써 입력된 3차원 형상을 구성하는 폴리곤을 작성하기 위한 데이터는 데이터 처리부 12에, 폴리곤에 매핑되는 텍스쳐의 지정은 렌더링부 15에, 명령은 필요한 블록에, 각각 제공되도록 되어 있다.

데이터 처리부 12는, 입력부 11로부터 공급되는 폴리곤을 작성하기 위한 데이터를 필요에 따라서 메모리 12A를 사용하여 처리함으로써, 3차원 공간에서의 폴리곤의 정점의 좌표 및 각 정점에서의 뒤에 설명하는 바와 같은 보간용 벡터를 생성하고, 분할용 데이터 베이스 13에 공급하도록 되어있다. 여기서, 다각형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터는, 뒤에 설명하는 폴리곤의 분할처리에 사용되기 때문에, 이하, 편의상, 양쪽 모두 분할용 폴리곤 데이터라 한다.

메모리 12A는 데이터 처리부 12의 처리상 필요한 데이터를 일시 기억하도록 되어있다. 분할 데이터 베이스 13은 데이터 처리부 12로부터의 분할용 폴리곤 데이터를 일시 기억하도록 되어있다.

분할 처리부 14는, 분할 데이터 베이스 13에 기억된 분할용 폴리곤 데이터를 읽어들이고, 뒤에 설명하는 바와 같은 분할처리(미세 분할처리)를 수행함으로써, 대략적인 폴리곤을 복수의 상세한 폴리곤(이하, 편의상 서브 폴리곤이라 한다)으로 분할하고, 렌더링부 15에 공급하도록 되어있다.

렌더링부 15는 분할 처리부 14로부터의 서브 폴리곤에 대하여 렌더링 처리를 수행하도록 되어있다. 즉, 렌더링부 15는, 서브 폴리곤에 대하여 섀이딩(shading)을 위한 휘도 계산 등을 수행하고, 또한, 3차원 공간에서의 폴리곤의 좌표계를 3차원 화상을 표시하는 2차원 출력장치로서의 표시부 16의 좌표계(화면 좌표계)로 변환한다. 또한, 렌더링부 15는, 텍스쳐 데이터 베이스 17에 기억되어 있는 텍스쳐의 데이터를 사용하여 텍스쳐 매핑을 위한 텍스쳐 어드레스의 계산 등을 수행하고, 표시부 16을 구성하는 각 화소(pixel)의 최종적인 RGB값(R(Red) 성분, G(Green) 성분, B(Blue) 성분의 휘도값)을 구하며, 표시부 16으로 출력한다. 또한, 텍스쳐 매핑에 사용되는 텍스쳐는, 예를 들면, 입력부 11이 조작됨으로써 지정되도록 되어있다.

표시부 16은, 예를 들면, CRT(Cathode Ray Tube) 또는 액정 디스플레이 등으로 이루어지고, 렌더링부 15로부터의 RGB값에 대응하는 화상을 표시하도록 되어있다. 텍스쳐 데이터 베이스 17은 텍스쳐 매핑에 사용되는 텍스쳐의 데이터를 기억하고 있다. 송신/기록장치 18은, 분할용 데이터 베이스 13에 기억된 분할용 폴리곤 데이터를 읽어들이는 동시에, 텍스쳐 데이터 베이스 17에 기억된 텍스쳐의 데이터를 읽어들이고, 전송매체 2를 통하여 전송하며, 또는 기록매체 3에 기록하도록 되어있다.

다음으로, 도 3은 도 1의 사용자 단말 4의 구성예를 도시하고 있다.

수신/재생장치 21은, 전송매체 2를 통하여 전송되어 오는 데이터를 수신하고, 또는 기록매체 3에 기록된 데이터를 재생하며, 그 중에서 분할용 폴리곤 데이터를 분할용 데이터 베이스 22에, 텍스쳐의 데이터를 텍스쳐 데이터 베이스 27에 공급하도록 되어있다.

분할용 데이터 베이스 22는 수신/재생장치 21로부터의 분할용 폴리곤 데이터를 일시 기억하도록 되어있다. 기하학적 처리부 23은, 분할용 데이터 베이스 22에 기억된 분할용 데이터를 읽어들이고, 입력부 28로부터의 입력에 대응한 지하학적 처리, 즉, 좌표 변환 및 클리핑(Clipping) 처리 등을 수행하고, 분할 처리부 24에 공급하도록 되어있다.

분할 처리부 24 또는 그 출력이 공급되는 렌더링부 25는 도 2의 데이터 제공장치 1을 구성하는 분할 처리부 14 또는 렌더링부 15에서의 경우와 각각 동일한 형태의 처리를 수행하도록 되어있다. 표시부 26은 도 2의 데이터 제공장치 1을 구성하는 표시부 16과 동일한 형태로 구성되고, 렌더링부 25로부터의 RGB값에 대응한 3차원 화상을 표시하도록 되어있다.

텍스쳐 데이터 베이스 27은 수신/재생장치 21로부터의 텍스쳐의 데이터를 기억하도록 되어있다. 또한, 이러한 텍스쳐의 데이터는 렌더링부 25에 의해 수행되는 텍스쳐 매핑에 사용되어진다.

입력부 28은, 예를 들면, 키보드, 마우스, 조이스틱, 또는 보턴 등으로 이루어지고, 소정의 입력(예를 들면, 특히, 시점(視點)에 관한 정보)을 입력하는 경우에, 사용자에 의하여 조작된다.

다음으로, 도 2의 데이터 제공장치 1 및 도 3의 사용자 단말 4에서의 처리에 대하여 설명하지만, 그 전에, 도 2의 데이터 제공장치 1을 구성하는 분할 처리부 14 및 도 3의 사용자 단말(클라이언트 단말) 4를 구성하는 분할 처리부 24에서 수행되는 폴리곤의 분할 처리에 대하여 설명한다.

3차원 화상에서의 3차원 형상을 폴리곤에 의하여 표현하는 경우에서, 보다 미세한 폴리곤을 사용함으로써, 3차원 형상을 보다 충실하게 재현할 수 있다. 그러나, 미세한 폴리곤을 사용하는 경우에는, 3차원 형상을 표현하는 폴리곤의 수가 증가하기 때문에, 그 많은 폴리곤에 대한 데이터를 모두 설정해야만 하며, 번거롭고, 또한, 데이터량도 많게 된다.

한편, 3차원 형상을 작은 수의 폴리곤에 의해 표현하는 경우에 있어서, 설정하는 데이터는 작아도 충분하지만, 재현되는 3차원 형상이 대략적으로 되고, 그 결과, 3차원 화상의 품질이 열화(劣化)된다.

여기서, 일반적으로 수행되고 있는 폴리곤의 분할은 3차원 형상을 구성하는 미세한 폴리곤의 몇 개를 합하여 큰 폴리곤을 구성하여 두고, 필요에 따라서 그 큰 폴리곤 및 본래의 미세한 폴리곤을 선택하는 일이 있기 때문에, 3차원 형상을 구성하는 경우에 설정해야만 하는 데이터는 3차원 형상을 미세한 폴리곤에 의해 구성하는 경우와 다르지 않다.

분할 처리부 14 및 24에서 수행되는 폴리곤의 분할처리(종래의 폴리곤 분할과 구별하기 위하여, 이하, 편의상 미세 분할처리라고도 한다)에서, 최초에서부터 대략적인 폴리곤이, 매끄러운 3차원 형상을 부여하도록 하는 상세한(미세한) 폴리곤으로 분할되도록 되어있고, 이것에 의해, 실현하고자 하는 3차원 형상에 대한 상세한 데이터를 주지 않고도 그 형상에 대한, 말하자면 대략적인 데이터만을 줌으로써, 미세한 3차원 형상을 얻을 수 있도록 되어있다.

즉, 분할 처리부 14 및 24에 대하여, 분할용 폴리곤 데이터로서, 폴리곤의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표가 적어도 주어지도록 되어있고, 미세 분할처리에서, 보간용 벡터 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선이 구해지며, 그 보간선상의 점인 보간점이 본래의 폴리곤을 분할하는 서브 폴리곤의 정점으로서 구해지도록 되어있다.

여기서, 폴리곤에 의해 구성되는 3차원 화상의 데이터로서는, 일반적으로, 폴리곤의 각 정점의 좌표가 그 폴리곤의 형상을 특정(特定)하기 위하여 주어진다. 또한, 3차원 화상의 데이터로서는, 폴리곤에 의하여 실현하고자 하는 3차원 형상을 구성하는 곡면의 폴리곤의 각 정점에서의 법선벡터도 섀이딩을 위하여 주어진다.

또한, 미세 분할처리에서, 폴리곤의 각 정점에서의 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 2개의 정점 사이를 보간하는 보간선이 구해지도록 되어있다.

즉, 현재 설명을 간단히 하기 위하여, 도 4에 도시된 바와 같이, 2차원 형상을 구성하는 폴리곤의 두 정점 P_1 및 P_2, 및 정점 P_1,P_2 각각에서의 법선 벡터 n_1,n_2가 주어져 있다고 하고, 이러한 경우에, 정점 P_1과 P_2 사이를 보간하는 보간선의 산출방법에 대하여 설명한다.

또한, 본 실시형태에 있어서, 보간선은, 예를 들면, 그 보간선이 보간하는 2개의 정점을 지나는 원 또는 타원의 원호와 같게 되는 것이 이상적이라고 하고, 그와 같은 보간선을 구하는 것으로 한다. 여기서, 모든 매끄러운 곡선은 미소한 원호(원 및 타원의 원호 모두를 포함하는)의 연속에 의해 근사할 수 있기 때문에, 여기서는 원호를 근사할 수 있는 함수에 의하여 표현되는 곡선을 보간선으로 채용한다.

현재, 도 5에 도시된 바와 같이, 정점 P_1 및 P_2를 지나는 2차원 형상의 정점 P_1,P_2에서의 법선벡터를 생각하여(법선벡터 n_1,n_2는 2차원 형상에 수직한 방향이기 때문에, 이 법선벡터 n_1,n_2로부터 접선벡터를 구할 수 있다), 정점 P_1 또는 P_2에서의 접선벡터 각각과, 정점 P_1와 P_2를 잇는 선분 P_1P_2가 이루는 각도를 Θ_1 또는 Θ_2라고 한다. 이러한 경우, Θ_1과 Θ_2가 같으면, 정점 P_1 및 P_2 모두를 지나는 원의 원호를 보간선으로 할 수 있다.

또한, Θ_1과 Θ_2가 같은 경우에는, 정점 P_1 및 P_2 모두를 지나는, 예를 들면, 원의 원호를 보간선으로 하고, 또한 Θ_1과 Θ_2가 조금 다른 경우에는, 정점 P_1 및 P_2 모두를 지나는, 예를 들면, 타원의 원호를 보간선으로 하며, 또한, Θ_1과 Θ_2가 크게 다른 경우에는, 정점 P_1 및 P_2 모두를 지나는, 예를 들면, 스플라인(spline) 곡선을 보간선으로 한다고 말한 바와 같이, Θ_1과 Θ_2의 관계를 조건으로 하여 보간선으로 하는 곡선을 선택하기 때문에, Θ_1과 Θ_2의 관계가 변한 경우에, 보간선이 연속적으로 변하지 않는 일이 있다.

또한, 여기서는, 보간선으로서 Θ_1과 Θ_2의 관계에 상관 없이, 일률적으로 예를 들면, 베지어(Bezier) 곡선을 채용한다(정확하게는, Bezier에서의 B 뒤의 e의 상부에는 '가 붙어진다). 또한, 베지어 곡선의 차수는 임의의 Θ_1,Θ_2를 줄 수 있도록, 예를 들면, 3차로 한다.

3차의 베지어 곡선은 4개의 제어점에 의해 특정되지만, 그 중에서 2개는 베지어 곡선의 시점(始點) 및 종점(終點)에 일치한다. 또한, 나머지 2개의 제어점은 베지어 곡선의 시점 또는 종점에서의 접선상에 1개씩 존재한다.

한편, 정점 P_1 또는 P_2에서의 접선벡터는 법선벡터 n_1 또는 n_2 각각에 기초하여 정해지기 때문에, 법선벡터 n_1,n_2가 주어져 있음으로써, 정점 P_1 또는 P_2를 지나는 베지어 곡선의 접선 방향은 특정된다. 또한, 보간선인 베지어 곡선의 시점 또는 종점은 각각 정점 P_1 또는 P_2(또는 P_2 또는 P_1)에 의하여 주어진다. 따라서, 정점 P_1과 P_2 사이를 보간하는 보간선으로서의 3차 베지어 곡선은 정점 P_1 또는 P_2에서의 접선벡터 각각의 방향에 있는 제어점이 구해지면 유일하게 특정된다.

또한, 현재, 도 6에 도시된 바와 같이, 정점 P_1에서의 접선벡터의 방향에 있는 제어점을 Q_1로 하는 동시에, 정점 P_2에서의 접선벡터의 방향에 있는 제어점을 Q_2로 하고, 선분 P_1Q_1의 길이 L_1, 및 선분 P_2Q_2의 길이 L_2를 구하는 것을 생각한다 (이하, 편의상 L_1,L_2를 제어변 길이라고 한다).

우선, 보간선으로 되는 3차의 베지어 곡선 B는 파라미터 $t(0 \leqq t \leqq 1)$, 4개의 제어점(의 좌표) P_1,P_2,Q_1,Q_2를 사용하여 다음의 식로 나타내진다.

$$B = (1-t)^3P_1 + 3(1-t)^2tQ_1 + 3(1-t)^2Q_2 + t^3P_2 \cdots\cdots (1)$$

현재, 도 6에 있어서, $\Theta_1=\Theta_2=\Theta$라 하면, 위에서 설명한 바와 같이, 여기서, 보간선은 원의 원호로 이루어 지는 것이 이상적이기 때문에, 예를 들면, 그 원의 중심 C를 원점으로 취하고, 선분 P_1P_2가 x축과 평행으로 되도록 도 6을 다시 고쳐 쓰면, 도 7에 도시된 바와 같이 된다. 또한, 도 7에 있어서, R은 y축과, 보간선으로 되는 원의 원호와의 교점(의 y좌표)를 나타내고, 그 교점 R은 식(1)에 있어서, t=0.5로 함으로써 구할 수 있다. 여기서, 선분 RC는 보간선으로 이루어진 원의 원호의 반경이고, 현재의 경우, 중심 C는 원점에 있기 때문에, 원의 반경은 R이다.

보간선이 원의 원호인 경우, 제어변 길이 L_1과 L_2는 같게 되기 때문에, 그것을 $L(=L_1=L_2)$로 두면, 도 7에 의해, 다음 식이 성립한다.

$$P_{1y} = P_{2y} = R\cos\Theta,\ Q_{1y} = Q_{2y} = P_{1y} + L\sin\Theta \cdots\cdots (2)$$

다만, P_{1y},Q_{1y}는 제어점 P_1,Q_1의 y좌표를, P_{2y},Q_{2y}는 제어점 P_2,Q_2의 y좌표를 각각 나타낸다.

또한, 교점 R은, 식(1)에 있어서, t를 0.5로 하는 동시에, P_1,P_2,Q_1,Q_2에, 식(2)의 P_{1y},P_{2y},Q_{1y},Q_{2y}를 각각 대입함으로써, 다음 식으로 나타내진다.

$$R = R\cos\Theta/4 + 3/4(R\cos\Theta + L\sin\Theta) \cdots\cdots (3)$$

식(2) 및 (3)을 제어변 길이 L에 대하여 풀고, 그것을 현 P_1P_2의 길이(2RsinΘ)로 나누면, 현 P_1P_2의 길이를 1로 정규화한 경우의 제어변 길이 L'(=L/(2RsinΘ))를 구할 수 있으며, 그것은 다음 식으로 도시되는 바와 같이 된다.

$$L'= 2/(3(1+\cos\Theta)) \cdots\cdots (4)$$

식(4)에 의해, 제어변 길이 L'이 구해진 다음, 그 제어변 길이 L'과, 정점 P_1 또는 P_2와를 사용함으로써, 제어점 Q_1 또는 Q_2를 각각 구할 수 있고, 따라서, 보간선으로서의 베지어 곡선이 특정된다.

이상은 Θ_1과 Θ_2가 같은 경우이지만, Θ_1과 Θ_2가 다른 경우에도 한 축의 확대/축소 변환을 수행함으로써, Θ_1과 Θ_2가 같은 경우와 동일한 형태로 하여 제어점 Q_1 및 Q_2를 구할 수 있다.

즉, Θ_1과 Θ_2가 다른 경우에 있어서, 예를 들면, 도 8(A)에 도시된 바와 같이, 정점 P_1,P_2, 및 정점 P_1 또는 P_2 각각에서의 접선들 끼리의 교점 P_1으로 구성되는 삼각형이 부등변 삼각형으로 되지만(이것에 대하여, 도 7에 있어서의 경우에는 이등변 삼각형으로 되어있다), 현재, 그 부등변 삼각형의 변 P_1P'또는 P_2P'의 길이를 각각 k_1 또는 k_2라 한다. 또한, 변 P_1P_2의 길이를 K라 한다.

이런 경우, 다음 식이 성립한다.

$$k_1\sin\Theta_1 = k_2\sin\Theta_2,\ k_1\cos\Theta_1 + k_2\cos\Theta_2 = K \cdots\cdots (5)$$

또한, K는 정점 P_1 및 P_2의 좌표로부터 구할 수 있다.

식(5)를 k_1,k_2 각각에 대하여 풀면, 다음 식과 같이 된다.

$$k_1 = K\sin\Theta_2 / (\sin\Theta_2\cos\Theta_1 + \cos\Theta_2\sin\Theta_1)$$

$$k_2 = K\sin\Theta_1 / (\sin\Theta_2\cos\Theta_1 + \cos\Theta_2\sin\Theta_1) \cdots\cdots (6)$$

한편, 예를 들면, 도 8(B)에 도시된 바와 같이, 점 P_2로부터 직선 P_1P'에 내린 수선(垂線)을 V라 하고, 점 P2를 수선 V상을 이동하며, 이것에 의해, 삼각형 P_1P_2P'를, 예를 들면, 도 8(C)에 도시된 바와 같이, 삼각형 $P_1P_2'P'$로 변형(확대변환 또는 축소변환)한 경우에 있어서, 변형 전의 삼각형 P_1P_2P'에서의 제어점 P_2에서부터 Q_2까지의 제어변 길이 L_2와, 변형 후의 삼각형 $P_1P_2'P'$에서의 제어점 P_2'에서부터 Q_2'까지의 제어변 길이 L_2'와의 비는 변형 전의 삼각형 P_1P_2P'에서의 변 P_2P'의 길이 k_2와 변형 후의 삼각형 $P_1P_2'P'$에서의 변 $P_2'P'$의 길이 k_2'의 비와 같게 되고, 그 결과, 다음 식이 성립한다.

$$k_2 : k_2' = L_2 : L_2' \cdots\cdots (7)$$

따라서, 변형 후의 삼각형 $P_1P_2'P'$를 변 P_1P'의 길이와 변 $P_2'P'$의 길이가 같은 이등변 삼각형이라고 하면(다만, 한 축의 확대/축소 변환에 의한 변형 후의 삼각형 $P_1P_2'P'$를 이등변 삼각형이라고 하는데는, Θ_1 및 Θ_2가 현 P_1P_2에 대하여 같은쪽에 형성되어 있을 필요가 있다), 식(4)에 의해, 제어변 길이 L_2'를 구할 수 있고, 또한, 식(6) 및 (7)로부터 제어변 길이 L_2를 구할 수 있다. 즉, 다음 식에 의해, 제어변 길이 L_2를 구할 수 있다.

$$L_2 = K \times k_2 \times 2 \times \cos\Theta' \times 2/(3(1+\cos\Theta')) \cdots\cdots (8)$$

동일하게, 제어변 길이 L1은 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$L_1 = K \times k_1 \times 2 \times \cos\Theta' \times 2/(3(1+\cos\Theta')) \cdots\cdots (9)$$

여기서, 식(8) 및 (9)에서의 Θ'는 변형 후의 삼각형 $P_1P_2'P'$에서의 변 P_1P_2와 변 $P_2'P'$가 이루는 각도(도 8(C)에서의 Θ_2')(또는 변 P_1P_2와 변 P_1P'가 이루는 각도(도 8(C)에서의 Θ_1'))를 나타낸다($\Theta_1=\Theta_2$).

이상에서와 같이 하여, 제어변 길이 L_1 또는 L_2가 구해진 다음, 정점 P_1 또는 P_2로부터 제어점 Q_1 또는 Q_2를 각각 구할 수 있고, 이것에 의해, 보간선으로서의 베지어 곡선이 특정된다.

또한, Θ'는, 축소변환을 수식으로 표현함으로써 정확하게 구할 수 있지만, 본 실시형태에서는 계산량의 증가를 줄이기 위하여, cosΘ'를 다음 식에서 나타내지는 s로 근사하는 것으로 한다.

$$\cos\Theta' s = (\cos\Theta_1 + \cos\Theta_2)/2 \cdots\cdots (10)$$

이런 경우, 제어변 길이 L_1,L_2는 다음 식에 따라서 구해진다.

$$L_1 = K \times k_1 \times 2 \times s \times 2/(3(1+s))$$

$$L_2 = K \times k_2 \times 2 \times s \times 2/(3(1+s)) \cdots\cdots (11)$$

다음으로, 도 9의 순서도를 참조하여, 보간선인 베지어 곡선을 특정하기 위한 제어점 Q_1 및 Q_2의 산출방법(제어점 산출처리)에 대하여 설명한다.

제어점 Q_1 및 Q_2의 산출에 있어서, 우선 최초로, 단계 S1에 있어서, 도 8(A)에 도시된 삼각형 P_1P_2P'의 변 P_1P'또는 P_2P'의 길이 k_1 또는 k_2가 식(6)에 따라서 구해지고, 단계 S2로 진행된다. 단계 S2에서, 삼각형 P_1P_2P'를 확대/축소 변환함으로써, 도 8(C)에 도시된 바와 같은 이등변 삼각형 $P_1P_2'P'$으로 변형된 경우의 밑각 Θ'(=Θ_1'=Θ_2')의 코사인의 근사값 s가 식(10)에 따라서 구해지고, 단계 S3으로 진행된다. 단계 S3에서, 식(11)이 계산됨으로써, 제어변 길이 L_1,L_2가 구해지고, 이것에 의해, 제어점 Q_1,Q_2가 구해진다.

여기서, K=1로 하여 제어점 Q_1 및 Q_2를 구하고, 그 제어점 Q_1 및 Q_2에 의하여 특정되는 베지어 곡선인 보간선을 구한 시뮬레이션 결과를 도 10 내지 도 13에 도시한다. 또한, 도 10 내지 도 13에 있어서, (A)는 보간선의 곡율 반경을, (B)는 보간선의 형태를 각각 도시하고 있다. 또한, 도 10은 $\Theta_1=\Theta_2$=18도로 한 경우를, 도 11은 Θ_1=18도, Θ_2=22도로 한 경우를, 도 12는 Θ_1=28도, Θ_2=32로 한 경우를, 도 13은 Θ_1=20도, Θ_2=60도로 한 경우를 각각 도시하고 있다.

이상은 2차원 형상을 구성하는 폴리곤에 대한 것이지만, 3차원 형상을 구성하는 폴리곤에 대하여는, 그 2개의 정점 P_1 또는 P_2 각각에서의 법선벡터 n_1 또는 n_2들끼리가, 일반적으로, 서로 꼬인 위치에 있다. 또한, 도 14에 도시된 바와 같이, 선분 P_1P_2와, 그 선분 P_1P_2를 정점 P_1을 포함하는 평면이며 법선벡터 n_1에 수직한 평면에 투영(정사영)한 선분이 이루는 각도를 식(6) 및 (10)의 Θ_1로서 채용한다. 즉, 선분 P_1P_2를, 정점 P_1을 포함하는 평면이며 법선벡터 n_1에 수직한 평면에 투영한 선분의 방향의 단위벡터를 3차원 형상의 정점 P_1에서의 법선벡터로 하고, 그 접선벡터와 선분 P_1P_2가 이루는 각을 식(6) 및 (10)의 Θ_1으로 한다.

동일하게, 선분 P_1P_2와, 그 선분 P_1P_2를 정점 P_2을 포함하는 평면이며 법선벡터 n_2에 수직한 평면에 투영한 선분이 이루는 각도를 식(6) 및 (10)의 Θ_2로서 채용한다.

이하, 도 9에서 설명한 바와 같이 하여, 제어점 Q_1 및 Q_2를 구함으로써, 정점 P_1과 P_2 사이를 보간하는 보간선으로서의 베지어 곡선을 구할 수 있다. 이런 경우, 보간선으로서의 베지어 곡선은, 일반적으로, 공간적으로 꼬인 곡선으로 이루어지지만, 볼록한 방향이 원 또는 타원에 근접한 곡선으로 이루어지기 때문에, 결과적으로 정점 P_1과 P_2 사이를 매끄럽게 보간하는 곡선으로 된다.

이상에서와 같이 하여, 보간선을 구한 다음, 미세 분할처리에서, 위에서 설명한 바와 같이, 그 보간선상의 점인 보간점이 본래의 폴리곤을 분할하는 서브 폴리곤의 정점으로서 구해지지만, 그 보간점은 보간선으로서의 베지어 곡선을 나타내는 식(1)의 파라미터 t에 적당한 값을 입력함으로써 구할 수 있다.

여기서, 정점 P_1과 P_2 사이를 M분할하는 경우에, 그 사이에 M-1개의 보간점을 설정하면 바람직하고, 이런 경우, 파라미터 t를, 예를 들면, i/M(i=1,2,…,M-1)로 하여 식(1)을 계산하면 바람직하다.

다음으로, 예를 들면, 도 15에 도시된 바와 같은 4개의 정점 P_1 내지 P_4를 갖고, 선분 P_1P_2와 P_3P_4가 대향하는 동시에, 선분 P_1P_3과 P_2P_4가 대향하는 3차원 형상을 구성하는 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$에 대하여 미세 분할처리를 수행한 경우에 대하여 설명한다.

현재, 정점 P_1과 P_2 사이를, 예를 들면, 2분할한다고 하면(이런 경우, 선분 P_1P_2와 대향하는 정점 P_3과 P_4 사이도 2분할된다), 도 9에서 설명된 바와 같이 하여, 정점 P_1과 P_2 사이를 보간하는 보간선 B_{12}(제 1보간선)이 구해지는 동시에, 정점 P_3과 P_4 사이를 보간하는 보간선 B_{34}(제 2보간선)이 구해진다. 또한, 파라미터 t를, 예를 들면, 0.5로 하여 식(1)을 계산함으로써, 보간선 B_{12} 또는 B_{34}상에 보간점 P_{12} 또는 P_{34}가 구해진다.

이것에 의하여, 사각형 폴리곤$P_1P_2P_4P_3$은 사각형 폴리곤 $P_1P_{12}P_{34}P_3$ 및 $P_{12}P_2P_4P_{34}$의 2개의 서브 폴리곤으로 분할된다.

또한, 정점 P_1과 P_3 사이 및 정점 P_2와 P_4 사이를, 예를 들면, 모두 2분할하는 경우에, 마찬가지로 도 9에서 설명된 바와 같이 하여, 정점 P_1과 P_3 사이를 보간하는 보간선 B_{13}(제 3보간선)이 구해지는 동시에, 정점 P_2과 P_4 사이를 보간하는 보간선 B_{24}(제 4보간선)이 구해진다. 또한, 파라미터 t를, 예를 들면, 0.5로 하여 식(1)을 계산함으로써, 보간선 B_{13} 또는 B_{24}상에 보간점 P_{13} 또는 P_{24}가 구해진다.

또한, 이런 경우, 이미 서브 폴리곤의 정점으로서 구해져 있는 보간점 P_{12}와 P_{34} 사이를 보간하는 보간선 B_{1234}(제 5보간선)도, 도 9에서 설명한 바와 같이 하여 구해진다. 또한, 파라미터 t를 ,예를 들면, 0.5로 하여 식(1)을 계산함으로써, 보간선 B_{1234}상에 보간점 P_{1234}가 구해진다.

이상에 의해서, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$은 사각형 폴리곤 $P_1P_{12}P_{1234}P_{13}$, $P_{12}P_2P_{24}P_{1234}$, $P_{1234}P_{24}P_4P_{34}$, 및 $P_{13}P_{1234}P_{34}P_3$의 4개의 서브 단위도형으로 분할된다.

또한, 여기서는 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 2×2(가로×세로)의 서브 폴리곤으로 분할한 것으로 했지만, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 M×N의 서브 폴리곤으로 분할하는 경우에 있어서는, 정점 P_1과 P_2 사이 및 정점 P_3과 P_4 사이를 모두 M분할하는 동시에, 정점 P_1과 P_3사이 및 정점 P_2P_4사이를 모두 N분할하고, 또한, 정점 P_1과 P_2 사이를 M분할하는 M-1개의 보간점과, 정점 P_3과 P_4 사이를 M분할하는 M개의 보간점의, 대응하는 보간점들끼리의 사이를 N분할하면 바람직하다. 다만, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 미세 분할처리에 의하여 2개의 서브 폴리곤 $P_1P_{12}P_{34}P_3$ 및 $P_{12}P_2P_4P_3$으로 분할하고, 그 2개의 서브 폴리곤 $P_1P_{12}P_{34}P_3$ 또는 $P_{12}P_2P_4P_{34}$ 각각을 미세 분할처리에 의하여 또 다른 2개의 서브 폴리곤으로 분할하도록 하는 것을 반복함으로써, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 많은 서브 폴리곤으로 분할하는 것도 가능하다.

또한, 미세 분할처리에서, 2개의 정점 사이를 보간하는 보간선은 그 2개의 정점의 좌표 및 법선벡터를 사용하여 구해지기 때문에, 예를 들면, 도 15에 도시된 경우에 있어서는, 보간점 P_{12}와 P_{34} 사이를 보간하는 보간선 B_{1234}를 구하는 때에, 보간점 P_{12} 또는 P_{34} 각각에서의 법선벡터 n_{12} 또는 n_{34}가 필요하게 된다. 또한, 다른 보간점과의 사이의 보간선이 구해지지 않는 보간점(도 15에서의 경우에 보간점 P_{13}, P_{24}, P_{1234})이라도, 보간점은 서브 폴리곤의 정점으로 되기 때문에, 렌더링처리에서의 섀이딩을 수행하는 때에 법선벡터가 필요하게 된다.

또한, 서브 폴리곤의 정점(본래의 폴리곤의 정점으로 되어있는 정점을 제외한)에서의 법선벡터는, 여기서는, 예를 들면, 다음과 같이 하여 구해지도록 되어있다.

즉, 정점 P_1과 P_2 사이를 분할하는 보간점 P_{12}를 예로 하면, 그 법선벡터 n_{12}는, 도 16에 도시된 바와 같이, 정점 P_1에서의 법선벡터 n_1 및 정점 P_2에서의 법선벡터 n_2를 사용한 선형보간을 수행함으로써 구해진다.

구체적으로, 보간선 B_{12}상의 보간점 P_{12}를 구하는 경우에, 식(1)에 대입한 파라미터 t를 T라고 하면, 다음 식에 따른 법선벡터 n_1의 (1-T)배와, 법선벡터 n_2의 T배의 가산값에 대응하는 값의 단위벡터 nn_{12}가 구해진다.

$$nn_{12} = ((1-T)n_1 + Tn_2)/|(1-T)n_1 + Tn_2| \cdots\cdots (12)$$

또한, |×|는 벡터×의 놈(norm)을 나타낸다.

여기서, 식(12)에 의해 얻어지는 벡터 nn_{12}는 퐁 섀이딩(Phong Shading)에서 구해지는 법선벡터와 같다.

보간점 P_{12}에서의 법선벡터 n_{12}로서, 벡터 nn_{12}를 그대로 채용해도 바람직하지만, 벡터 nn_{12}는 법선벡터 n_1 및 n_2를 사용한 선형보간에 의해 얻어진 벡터이기 때문에, 보간선 B_{12}의 형상을 충실하게 반영하고 있다고는 말하기 어렵다. 따라서, 여기서는, 벡터 nn_{12}를, 다음과 같이 보정하고, 그 보정의 결과 얻어지는 벡터를 보정점 P_{12}에서의 법선벡터 n_{12}로서 채용하는 것으로 한다.

즉, 먼저, 보간점 P_{12}에서의 보간선 B_{12}의 접선벡터 s_{12}를 구한다. 여기서, 접선벡터 s_{12}는 식(1)로부터 구할 수 있다.

또한, 다음 식에 따른 벡터 nn_{12}와 접선벡터 s_{12}의 외적(vector product) nn_{12}'를 구한다.

$$nn_{12}' = nn_{12} \times s_{12} \cdots\cdots (13)$$

또한, 접선벡터 s_{12}와 벡터 nn_{12}'의 외적을 구하고, 다음 식에 도시된 바와 같이, 그것을 보간점 P_{12}에서의 법선벡터 n_{12}로 한다.

$$n_{12} = s_{12} \times nn_{12}' \cdots\cdots (14)$$

여기서, 식(13) 및 (14)에서의 ×는 벡터의 외적을 나타낸다.

이상에서와 같이 하여 구해지는 법선벡터 n_{12}는, 베지어 곡선인 보간선 B_{12}의 형상을 충실하게 표현하기 때문에, 이것을 사용하여 섀이딩(하이라이트(highlight) 계산 등)을 수행함으로써, 보간선 B_{12}의 형상을 정밀도 좋게 반영한 휘도분포의 화상을 얻는 것이 가능하게 된다.

이상에서와 같이, 미세 분할처리에 따르면, 보간용 벡터로서 법선벡터를 사용하고, 그 법선벡터 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 보간선이 구해지며, 그 보간선상의 점인 보간점이 본래의 폴리곤을 분할하는 서브 폴리곤의 정점으로서 구해지기 때문에, 대략적인 형상의 폴리곤으로부터 미세한 3차원 형상을 구성할 수 있다.

또한, 여기서는, 보간의 지역성이 유지되어 있기 때문에, 즉, 예를 들면, 도 15에 있어서, 정점 P_1과 P_2 사이를 분할하는 보간점의 어떤 법선벡터도 정점 P_1에서의 법선벡터 n_1 및 정점 P_2에서의 법선벡터 n_2로부터 구해지기 때문에, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 분할하여 얻어지는 서브 폴리곤과, 변 P_1P_2에서 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$ 과 접하는 다른 폴리곤을 분할하여 얻어지는 서브 폴리곤과는 연속하게 접속되기 위한 매끄러운 3차원 형상을 얻을 수 있다.

또한, 위에서 설명한 경우에 있어서는 사각형 폴리곤을 대상으로 했지만, 미세 분할처리는 사각형 이외의 다각형 폴리곤을 대상으로서 수행하는 것도 가능하다. 예를 들면, 삼각형 폴리곤을 대상으로 하는 경우에는, 위에서의 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 구성하는 정점 P_1 및 P_2, P_3 및 P_4, P_1 및 P_3, 또는 P_2 및 P_4 중에서 어느 한 세트가 동일한 정점으로 되어있다고 생각함으로써, 삼각형 폴리곤에 대하여 사각형 폴리곤에서의 경우와 동일하게 미세 분할처리를 수행할 수 있다.

여기서, 미세 분할처리 후의 서브 폴리곤에 대하여 , 텍스쳐 매핑을 수행하는데는 서브 폴리곤의 정점에서의 텍스쳐 좌표가 필요하게 되지만, 이것은, 예를 들면, 도 16에서 설명한 보정점 P_{12}에서의 법선벡터 nn_{12}를 구하는 것과 동일하게하여 구할 수 있다. 즉, 위에서 설명하지 않았지만, 데이터 제공장치 1에서 생성되는 3차원 화상의 데이터에는, 분할용 폴리곤 데이터 및 텍스쳐의 데이터 이외에도, 본래의 폴리곤의 각 정점에서의 텍스쳐 좌표도 포함되어 있고, 예를 들면, 정점 P_1과 P_2 사이를 분할하는 보간점 P_{12}에서의 텍스쳐 좌표는, 정점 P_1에서의 텍스쳐 좌표 및 정점 P_2에서의 텍스쳐 좌표를, 보간점 P_{12}를 구하는 데에 식(1)에 대입한 파라미터 t에 대응하는 비 1-t:t에 따라서 가산(선형보정)함으로써 구할 수 있다.

또한, 정점 P_1과 P_2 사이의 보간선 B_{12}의 형상이 치우쳐 있는 경우(예를 들면, 정점 P_1 또는 P_2 중에서 어느 것이 한쪽에 근접한 부분의 곡율 반경이 크고, 다른쪽에 근접한 부분의 곡율 반경이 작은 경우 등)에는, 위에서 설명한 바와 같은 선형보정에 의해서 구해진 텍스쳐 좌표를 사용하여 텍스쳐 매핑을 수행하면, 텍스쳐에 찌그러짐이 발생하는 일이 있다. 즉, 보간점 P_{12}를 구하는데 식(1)에 대입한 파라미터 t가, 그것이 취할 수 있는 범위의 값 중에서, 예를 들면, 중점의 값인 0.5이지만, 보간선 B_{12}의 형상이 치우쳐 있기 때문에, 보간선 B_{12}에 따른 거리가 정점 P_1 또는 P_2 중에서, 예를 들면, 정점 P_1에 매우 근접한 위치에 보간점 P_{12}가 설정된 경우에, 보간선에 따라서 구해진 텍스쳐 좌표를 사용하여 텍스쳐 매핑을 수행하면, 텍스쳐에 찌그러짐이 발생한다.

이와 같은 텍스쳐의 찌그러짐이 문제가 되는 경우에 있어서, 보간선 B_{12}에 따른 선적분을 수행하고, 정점 P_1 또는 P_2 각각에서부터 보간점 P_{12}까지의 보간선 B_{12} 따른 거리를 구하며, 그 거리에 따라서, 보간점 P_{12}에서의 텍스쳐 좌표를 선형보간에 의하여 구하는 경우에 사용되는 비율을 보정하도록 하면 바람직하다. 즉, 보간점 P_{12}에서의 텍스쳐 좌표를 선형보간에 의하여 구하는 경우에 사용되는 비율을 정점 P_1에서부터 보간점 P_{12}까지의 보간선 B_{12}에 따른 거리와, 정점 P_2에서부터 보간점 P_{12}까지의 보간선 B_{12}에 따른 거리의 비율에 근접하게(같게 된다) 되도록 보정하면 바람직하다.

다음으로, 많은 경우, 보간용 벡터로서 정점에서의 법선벡터를 이용하고, 미세 분할처리를 수행함으로써, 매끄러운 3차원 형상을 실현할 수 있지만, 실현하고자 하는 3차원 형상에 따라서는, 정점에서의 법선벡터만을 보간용 벡터로서 사용하는 데는 어려움이 발생하는 일이 있다.

즉, 예를 들면, 회전축을 중심으로 평면 형상을 회전함으로써 구성되는 원주 등의 회전체, 또는 그것에 유사한 3차원 형상 등에 대하여는, 그 3차원 형상을 구성하는 폴리곤의 어떤 정점 a에서의 법선벡터에 수직한 평면에, 그 정점 a와 다른 정점 b(다만, 정점 b는 정점 a에 인접하는 정점)와를 잇는 선분을 정사영한 선분의 방향과, 정점 a와 b를 이으며 실현하고자 하는 3차원 형상에 따른 곡선(이하, 편의상 테두리선 방향이라고 한다)의 정점 a에서의 접선의 방향(이하, 편의상, 테두리선 방향이라고 한다)과의 엇갈림이 크게 되는 경우가 있고, 이와 같은 경우에, 위에서 설명한 바와 같은 미세 분할처리를 수행하면, 정점 a와 b를 잇는 보간선이, 말하자면 구부려 꺾어진 형태로 되고, 특히, 텍스쳐 매핑을 수행한 경우에, 텍스쳐가 부자연스럽게 보인다.

구체적으로, 대략적인 폴리곤에서, 예를 들면, 도 17(A)에 도시된 바와 같은 3차원 형상을 구성하여 두고, 이것을 회전축 Y를 회전하여 얻어지는 바와 같은 3차원 형상을 실현하고자 하는 경우에, 도 17(A)의 3차원 형상을 구성하는 하나의 폴리곤 p의 변 1과 2와의 교점인 정점 a에서의 법선벡터 A는, 폴리곤 p에 대하여 실질적으로 수직한 방향인 경사진 상방향의 벡터로 이루어진다. 이런 경우, 정점 a에서의 법선벡터에 수직한 평면에, 그 정점 a와, 폴리곤 p의 다른 정점 b를 잇는 선분 ab(변 1)을 정사영한 선분의 방향과 정점 a에서의 테두리선 방향과의 엇갈림은 크게 된다. 즉, 현재의 경우, 법선벡터 A는 기울어진 상방향의 벡터이기 때문에, 법선벡터에 수직한 평면에 선분 ab(변 1)을 정사영한 선분의 방향은 회전축 Y에 수직한 평면에 대하여 기울기를 갖는 것으로 된다. 한편, 정점 a에서의 테두리선 방향은, 회전축 Y를 중심으로 하여 폴리곤 p를 회전한 경우에, 정점 a의 궤적인 원의 정점 a에서의 접선방향으로 되기 때문에, 회전축 Y에 수직한 평면과 평행하게 된다.

이런 경우, 폴리곤 p에 대하여, 미세 분할처리를 수행하면, 도 17(B)에 도시된 바와 같이, 정점 a와 b 사이를 보간하는 보간선이 구부려 꺾어지고, 매끄러운 3차원 형상을 구성하는 것이 곤란하게 된다.

또한, 폴리곤에 미세 분할처리를 수행하고, 그것에 의해 얻어지는 서브 폴리곤으로 구성되는 3차원 형상을 특정의 형상으로 할 필요가 없고, 또한, 위에서 설명한 바와 같은 보간선의 구부려 꺾어짐이 문제가 되지 않는 경우에는, 정점에서의 법선벡터만을 보간용 벡터로서 사용하면 충분하다. 그러나, 위에서 설명한 바와 같은 보간선의 구부려 꺾어짐이 문제로 되는 경우 이외의, 서브 폴리곤으로 구성되는 3차원 형상을 특정의 형상으로 하는 일이 필요한 경우에는, 정점에서의 법선벡터만을 보간용 벡터로서 사용하는데는 그 특정의 형상을 실현할 수 없는 일이 있다.

즉, 예를 들면, 도 18에 도시된 바와 같이, 사각형 폴리곤 abdc에 대하여 미세 분할처리를 수행하고, 이것에 의해, 도 18에 점선으로 도시된 바와 같은 원주의 밑면인 원 O를 구성하고자 하는 경우에 있어서, 사각형 폴리곤 abdc를 원주의 밑면으로 되는 원 O를 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로 분할할 필요가 있다. 그러나, 이러한 경우, 정점 a 내지 d 각각에서의 법선벡터 A 내지 D로서는 밑면으로 되는 원 O에 수직한 방향의 벡터가 주어지기 때문에, 이와 같은 법선벡터 A 내지 D를 사용하여 미세 분할처리를 수행하면, 사각형 폴리곤 abdc는 변 ab(cd) 또는 변 ac (bd)에 평행한 방향으로 분할된다. 즉, 원 O를 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로 분할되지 않는다.

이것은, 도 17에서 설명한 것과 동일한 이유에 기인한다. 즉, 도 18에서는 정점 a에서의 법선벡터 A에 수직한 평면에, 그 정점 a와, 다른 정점인 정점 b를 잇는 선분을 정사영한 선분의 방향은 선분 ab의 방향에 일치한다. 한편, 정점 a와 b를 이으며 실현하고자 하는 3차원 형상에 따른 곡선, 다시 말하면 테두리선은 원 O를 구성하는 원호 ab이고, 그 원호 ab의 정점 a에서의 접선방향, 다시 말하면 테두리선 방향은 원 O의 점 a에서의 접선의 방향이다. 따라서, 원주를 구성하는 사각형 폴리곤 abdc의 정점 a에서의 법선벡터 A에 수직한 평면에 선분 ab를 정사영한 선분의 방향과, 정점 a에서의 테두리선 방향과의 엇갈림이 크고, 이 때문에, 사각형 폴리곤 abdc는 원 O를 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로는 분할되지 않는다. 즉, 미세 분할처리에 따르면, 정점 a와 b 사이를 보간하는 보간선이 정점 a에서의 법선벡터 A에 수직한 평면에서의 선분 ab의 정사영에 접하고, 또한 정점 b에서의 법선벡터 B에 수직한 평면에서의 선분 ab의 정사영에 접하도록 형성되는 것에 대하여, 정점 a와 b를 이으며 실현하고자 하는 원주에 따른 곡선인 테두리선이 원호 ab이기 때문에, 보간선과 테두리선이 다르게 되고, 사각형 폴리곤 abdc는 테두리선인 원 0(의 원주)를 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로는 분할되지 않는다(변 ab,cd,ac,bd 각각을 그대로 보간선으로 하여 분할될 뿐이다).

그래서, 어떤 정점에서의 보간용 벡터로서, 그 정점에서의 법선벡터 이외의, 그 정점을 지나는 테두리선의 방향(테두리선 방향)을 나타내는 벡터(보간선 방향벡터)를 채용한다. 테두리선 방향을 나타내는 벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 미세 분할처리를 수행한 경우에 있어서, 보간선이 테두리선과 일치하도록 형성되기 때문에(이것은, 테두리선 방향을 나타내는 벡터가 그것을 사용하여 미세 분할처리를 수행한 경우에, 테두리선과 일치하도록 하는 보간선을 구성하게 하는 일도 있기 때문이다), 폴리곤은 실현하고자 하는 3차원 형상을 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로 분할된다.

정점에서의 테두리선 방향을 나타내는 벡터로서는, 예를 들면, 그 테두리선의 정점에서의 접선벡터(2차원 평면에서의 곡선의 기울기에 상당하는) 및 테두리선의 정점에서의 법선벡터(테두리선의 법선벡터의 정의에 대하여는 뒤에 설명한다)가 있지만, 여기서는, 테두리선의 법선벡터를 채용하는 것으로 한다.

또한, 섀이딩하기 위하여 주어지는 정점에서의 법선벡터(실현하고자 하는 3차원 형상의 법선방향의 벡터)를 사용하여 미세 분할처리를 수행하는 경우에는, 그 법선벡터가 실현하고자 하는 3차원 형상인 곡면의 법선방향을 마주보고 있기 때문에, 폴리곤이 실현하고자 하는 3차원 형상인 곡면을 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로 분할된다. 즉, 섀이딩하기 위하여 주어지는 정점에서의 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하여 미세 분할처리를 수행한 경우에는, 실현하고자 하는 3차원 형상인 곡면을, 말하자면 보간하도록 하는 서브 폴리곤으로 분할된다. 또한, 이하, 편의상, 이 법선벡터를 곡면보간용 법선벡터라고 말한다.

한편, 테두리선의 법선벡터를 사용하여 폴리곤의 미세 분할처리를 수행한 경우에는, 그 폴리곤을 구성하는 변이 테두리선, 다시 말하면, 실현하고자 하는 3차원 형상인 곡면을 구성하는 곡선(곡면에 포함되는 곡선)을, 말하자면 보간하도록 하는 변을 갖는 서브 폴리곤으로 분할된다. 이하, 편의상, 이 법선벡터를 테두리선 보간용 법선벡터라고 말한다.

미세 분할처리에 의하여 얻어지는 서브 폴리곤에 의하여, 예를 들면, 도 18에 점선으로 도시된 원주를 구성시키는 경우, 사각형 폴리곤 abdc의 정점 a 내지 d에서의 곡면보간용 법선벡터는 각각 법선벡터 A 내지 D로 되고, 정점 a 내지 d에서의 테두리선 보간용 법선벡터는 원 0의 중심으로부터 정점 a 내지 d로 향하여 연장된 직선의 방향의 단위 벡터로 된다.

보간용 벡터로서, 곡선보간용 법선벡터뿐만 아니라, 테두리선 보간용 법선벡터도 채용한 경우에 있어서, 미세 분할처리의 대상으로 되는 본래의 폴리곤에서의 인접하는 정점 사이의 보간점(예를 들면, 도 15에서의 보간점 P_{12},P_{34},P_{13},P_{24})를 구하는 경우에는, 테두리선 보간용 법선벡터가 사용되고, 본래의 폴리곤에서의, 말하자면 내부의 보간점(예를 들면, 도 15에서의 보간점 P_{1234})를 구하는 경우에는 곡면보간용 법선벡터가 사용된다.

예를 들면, 도 18에 도시된 사각형 폴리곤 abdc에 대하여, 이와 같은 미세 분할처리를 수행한 경우에, 정점 a와 b 사이, 정점 b와 d 사이, 정점 d와 c 사이, 정점 c와 a사이에 대하여는, 모두 테두리선 보간용 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 위에서 설명한 바와 같이 하여 보간점이 구해진다. 그 결과, 보간점은 원호 ab,db,dc,ca상에 형성된다. 또한, 사각형 폴리곤 abdc의 내부에 대하여는 곡면보간용 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 위에서 설명한 바와 같이 하여 보간점이 구해진다. 그 결과, 보간점은 원 O를 포함하는 평면 안에 형성된다. 그 결과, 사각형 폴리곤 abdc는 원 0를 구성하도록 하는 서브 폴리곤으로 분할된다.

즉, 예를 들면, 사각형 폴리곤 abdc를 변 ab(cd) 및 ac(bd)의 어느 방향으로도 2분할하여 4개의 서브 폴리곤을 생성하도록 하는 미세 분할처리를 수행하는 경우에 있어서, 도 19(A)에 도시된 바와 같이, 정점 a 내지 d에 대하여 원 0의 중심으로부터 정점 a 내지 d의 방향으로의 테두리선 보간용 법선벡터가 각각 주어지고 있는 동시에, 원 0에 대하여 수직한 방향(도 19(A)에서는 도면으로부터 수직한 방향으로 튀어나오는 방향)의 곡면보간용 법선벡터가 각각 주어져 있는 경우에는, 먼저, 정점 a와 b 사이 또는 정점 c와 d 사이에 대하여, 테두리선 보간용 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 원호 ab 또는 cd가 각각 보간선으로서 구해지며, 도 19(B)에 도시된 바와 같이, 각각의 보간선상에 보간점 e 또는 f가 설정된다. 또한, 정점 a와 c 사이 또는 정점 b와 d 상에 대하여도, 테두리선 보간용 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 원호 ac 또는 bd가 각각 보간선으로서 구해지며, 도 19(C)에 도시된 바와 같이, 각각의 보간선상에 보간점 g 또는 h가 설정된다.

또한, 예를 들면, 보간점 e와 f 사이(또는 보간점 g와 h 사이)에 대하여 테두리선 보간용 법선벡터를 보간용 벡터로서 사용하고, 선분 ef가 보간선으로서 구해지며, 도 19(D)에 도시된 바와 같이, 그 보간선상에 보간점 i가 설정된다. 그 결과, 사각형 폴리곤 abdc는, 도 19(D)에 도시된 바와 같이, 원 0를 구성하도록 하는 4개의 서브 폴리곤으로서의 사각형 폴리곤 aeig, ebhi, hdfi, fcgi로 분할된다.

이상 설명한 미세 분할처리에 따르면, 폴리곤이 매끄러운 3차원 형상을 주도록 하는 상세한(미세한) 폴리곤으로 분할되기 때문에, 데이터 제공장치 1에서는, 실현하고자 하는 3차원 형상에 대한 상세한 데이터를 주지 않고도, 그 형상에 대한 대략적인 데이터를 주는 것만으로써, 미세한 3차원 형상을 구성하고, 사용자에게 제공할 수 있다. 또한, 사용자 단말 4측에 있어서, 작은 데이터로부터 미세한 3차원 형상을 재현할 수 있다.

다음으로, 도 2의 데이터 제공장치 1의 처리에 대하여 설명한다.

데이터 제공장치 1에서, 제작자에 의하여 입력부 11이 3차원 형상을 구성하도록 조작되면, 미세 분할처리에 사용되는 분할용 폴리곤 데이터를 생성하는 분할용 폴리곤 데이터 생성처리가 수행된다.

또한, 도 20의 순서도를 참조하여 분할용 폴리곤 데이터 생성처리에 대하여 설명한다.

분할용 폴리곤 데이터 생성처리에서, 먼저 최초에, 단계 S11에 있어서, 3차원 형상을 구성하는 폴리곤의 정점의 좌표(3차원 공간상에서의 좌표) 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터(뒤에 설명하는 바와 같이, 이것이 테두리선 보간용 법선벡터로 된다)의 입력이 입력부 11로부터 있는가 아닌가가 데이터 처리부 12에 의하여 판정된다.

단계 S11에 있어서, 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터의 입력이 없다고 판정된 경우, 단계 S12를 건너뛰어 단계 S13으로 진행된다.

또한, 단계 S11에 있어서, 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터의 입력이 있다고 판정된 경우, 즉, 제작자가 입력부 11을 조작함으로써 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터를 입력한 경우, 단계 S12로 진행되고, 입력이 있던 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터가 메모리 12A에 일시 기억되며, 단계 S13으로 진행된다.

단계 S13에서, 입력부 11이 메모리 12A의 기억 내용을 분할용 폴리곤 데이터로서 확정하도록 조작(이하, 편의상, 확정조작이라 말한다)되었는가 아닌가가 데이터 처리부 12에 의하여 판정된다. 단계 SC:에 있어서, 입력부 11이 확정 조작되어 있지 않다고 판정된 경우, 단계 S11로 되돌아 가고, 이하, 동일한 형태의 처리를 반복한다.

또한, 단계 S13에 있어서, 입력부 11이 확정 조작되었다고 판정된 경우, 단계 S14로 진행되고, 데이터 처리부 12는, 메모리 12A의 기억 내용을 읽어들이며, 분할용 데이터 베이스 13에 공급하여 기억하게 한다. 또한, 데이터 처리부 12는, 예를 들면, 입력된 순서로 정점을 지나고, 또한 각 정점에서의 테두리선의 법선벡터로 이루어진 각도가 90도인 3차 베지어 곡선을, 메모리 12A의 기억 내용에 기초하여 구하며, 분할용 데이터 베이스 13, 분할 처리부 14, 및 렌더링부 15를 통하여 표시부 16에 공급하여 표시되게 한다.

이것에 의해, 표시부 16에 있어서, 예를 들면, 도 21에 도시된 바와 같은 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어 곡선(도 중에서 점선으로 도시되는)이 표시된다.

그 다음, 단계 S15로 진행되고, 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선 법선벡터의 입력을 추가하여 수행하도록, 입력부 11이 조작(이하, 편의상, 추가조작이라고 말한다)되었는가 아닌가가 데이터 처리부 12에 의하여 판정된다. 단계 S15에 있어서, 입력부 11이 추가 조작되었다고 판정된 경우, 메모리 12A의 기억 내용이 클리어(clear)되고, 단계 S11로 되돌아 가며, 이하, 단계 S11 내지 S15의 처리가 반복됨으로써, 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어 곡선이 순차적으로 그려져 간다.

즉, 예를 들면, 제작자가, 도 22(A)에 도시된 바와 같이, 정점 P_1의 좌표 및 그 정점 P_1에서의 테두리선의 법선벡터(테두리선 보간용 법선벡터) A_1, 및 정점 P_2의 좌표 및 그 정점 P_2에서의 테두리선의 법선벡터 A_2를 입력하고, 입력부 11을 확정 조작하면, 데이터 처리부 12는 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어 곡선 P_1P_2를 구하고, 표시부 16에 표시되게 한다. 또한, 제작자가 입력부 11을 추가조작하여, 예를 들면, 도 22(A)에 도시된 바와 같이, 정점 P_3의 좌표 및 그 정점 P_3에서의 테두리선의 법선벡터 A_3, 및 정점 P_4의 좌표 및 그 정점 P_4에서의 테두리선의 법선벡터 A_4를 입력하고, 입력부 11을 확정 조작하면, 데이터 처리부 12는 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어 곡선 P_3P_4를 구하고, 표시부 16에 표시되게 한다.

그 다음, 제작자가 입력부 11을 추가조작하여, 예를 들면, 도 22(B)에 도시된 바와 같이, 정점 P_1의 좌표 및 그 정점 P_1에서의 테두리선의 법선벡터(테두리선 보간용 법선벡터) B_1, 및 정점 P_3의 좌표 및 그 정점 P_3에서의 테두리선의 법선벡터 B_3을 입력하고, 입력부 11을 확정 조작하면, 데이터 처리부 12는 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어 곡선 P_1P_3을 구하고, 표시부 16에 표시되게 한다. 또한, 제작자가 입력부 11을 추가조작하여, 예를 들면, 도 22(B)에 도시된 바와 같이, 정점 P_2의 좌표 및 그 정점 P_2에서의 테두리선의 법선벡터 B_2, 및 정점 P_4의 좌표 및 그 정점 P_4에서의 테두리선의 법선벡터 B_4를 입력하고, 입력부 11을 확정 조작하면, 데이터 처리부 12는 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 베지어 곡선 P_4P_2를 구하고, 표시부 16에 표시되게 한다.

여기서, 도 22에 있어서, 예를 들면, 정점 P_1의 테두리선의 법선벡터로서는 벡터 A_1 및 B_1의 2개가 존재하는 것으로 되지만, 벡터 A_1 또는 B_1은 곡선 P_1P_2 또는 P_1P_3에 대하여 각각 수직으로 되어 있다. 동일하게, 벡터 A_2 또는 B_2는 곡선 P_1P_2 또는 P_2P_4에 대하여, 벡터 A_3 또는 B_3은 곡선 P_1P_3 또는 P_3P_4에 대하여, 벡터 A_4 또는 B_4은 곡선 P_3P_4 또는 P_3P_4에 대하여, 각각 수직으로 되어있다.

또한, 데이터 처리부 12는, 어떤 2개의 정점 P_1과 P_2, 및 그의 정점 P_1 또는 P_2에서의 테두리선의 법선벡터 A_1 또는 A_2가 주어지면, 그 2개의 정점 P_1 및 P_2를 지나고, 또한 법선벡터 A_1 또는 A_2 각각으로 이루어지는 각도가 90도이며 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서의 3차 베지어 곡선 P_1P_2를, 예를 들면, 다음과 같이 하여 구하도록 되어있다.

즉, 데이터 처리부 12는, 도 23에 도시된 바와 같이, 정점 P_1을 포함하고 법선벡터 A_1에 수직한 평면 R에 대하여 선분 P_1P_2를 투영(정사영)한 선분 $P_1'P_2'$를 구한다. 동일하게 하여, 데이터 처리부 12는, 정점 P_2를 포함하고 법선벡터 A_2에 수직한 평면에 대하여, 선분 P_1P_2를 투영한 선분 $P_1''P_2''$(도시되지 않은)를 구한다. 또한, 데이터 처리부 12에서, 정점 P_1 및 P_2의 좌표, 및 선분 P_1P_2와 선분 $P_1'P_2'$가 이루는 각도 및 선분 P_1P_2와 선분 $P_1''P_2''$가 이루는 각도로부터, 도 9에서 설명한 바와 같이 하여, 제어점 Q_1 또는 Q_2가 구해지고, 그 제어점 Q_1 및 Q_2, 또는, 제어점 P_1 및 P_2에 의해 특정되는 3차의 베지어 곡선이 3차원 형상을 구성하는 테두리선으로서 구해진다.

여기서, 이와 같이 하여 구해지는 테두리선으로서의 베지어 곡선은, 정점 P_1에서의 테두리선의 법선벡터, 및 정점 P_2에서의 테두리선의 법선벡터를 보간용 벡터로 하여, 미세 분할처리를 수행한 경우에 얻어지는 보간선에 일치한다.

도 20으로 돌아가서, 단계 S15에 있어서, 입력부 11의 추가조작은 없고, 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터의 입력을 종료하도록 조작되었다고 판정된 경우, 단계 S16으로 진행되고, 데이터 처리부 12는 현재까지 구해진 테두리선에 의하여 형성되는 곡면(3차원 형상을 구성하는 곡면)이 구해진다. 즉, 예를 들면, 도 22에서 설명된 바와 같이 하여, 테두리선 P_1P_2, P_3P_4, P_1P_3, P_2P_4가 구해져 있는 경우에 있어서, 단계 S6에서, 도 24에 도시된 바와 같은, 테두리선 P_1P_2, P_3P_4, P_1P_3, P_2P_4에 의해 둘려 싸여진 곡면 S가 구해진다.

또한, 단계 S17로 진행되고, 데이터 처리부 12는, 분할용 데이터 베이스 13에 기억되어 있는 각 정점에 대하여, 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터를 산출한다. 즉, 데이터 처리부 12는 분할용 데이터 베이스 13에 기억되어 있는 각 정점에서의 테두리선의 법선벡터를 그대로 각각의 정점에서의 테두리선 보간용 법선벡터로 한다. 따라서, 어떤 정점에서의 테두리선 보간용 법선벡터는(정점에서의 테두리선의 법선벡터도), 도 23에서 설명한 것으로부터, 그 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 테두리선으로서의 베지어 곡선(도 23에서 설명한 바와 같이 하여 구해지는 베지어 곡선)과 접하는 경우의, 소정의 평면의 법선방향의 벡터로 된다.

또한, 데이터 처리부 12는, 단계 S17에 있어서, 분할용 데이터 베이스 13에 기억되어 있는 각 정점에서의 단계 S16에서 구해진 곡면의 법선벡터를 구하여, 각각의 정점에서의 곡면보간용 법선벡터로서, 분할용 데이터 베이스 13에 공급하여 기억하게 한다. 또한, 곡면보간용 법선벡터는 폴리곤의 섀이딩을 수행하는 경우에 사용되는 법선벡터에 일치한다.

여기서, 미세 분할처리에 있어서, 테두리선 보간용 법선벡터 또는 곡면보간용 법선벡터 중에서 곡면보간용 법선벡터만을 사용하여 정점 사이의 보간선을 구한 경우에는, 예를 들면, 도 25(A)에 도시된 바와 같이, 보간선이 단계 S14에서 구해진 곡선(테두리선)에 일치하지 않고, 구부려 꺾어지는 일이 있다. 이것에 대하여, 테두리선 보간용 법선벡터를 사용하여 정점 사이의 보간선을 구한 경우에는, 예를 들면, 도 25(B)에 도시된 바와 같이, 단계 S14에서 구해진 곡선(테두리선)에 일치하는 매끄러운 보간선이 얻어진다.

데이터 처리부 12는, 단계 S17에 있어서, 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터를 구하면, 단계 S18로 진행되고, 벡터 통합처리를 수행한다.

즉, 하나의 정점과 그것에 인접하는 다른 정점을 잇는 선분을 곡면보간용 법선벡터에 수직한 평면이며 하나의 정점을 지나는 평면에 정사영한 선분의 방향과, 한 점을 지나며 실현하고자 하는 3차원 형상에 따른 곡선(테두리선의) 그 하나의 정점에서의 접선방향(테두리선 방향)과의 엇갈림이 크면, 위에서 설명한 바와 같이, 보간선이 구부려 꺾어지지만, 이런 엇갈림양(量)은 테두리선 보간용 법선벡터와 곡면보간용 법선벡터의 차이에 반영된다.

한편, 위에서 설명한 엇갈림 양은 0(실질적으로 0인 경우도 포함하다)으로 되는 일이 많고(엇갈림 양이 크게 되는 것은, 예를 들면, 위에서 설명한 바와 같이, 회전축을 중심으로 평면 형상을 회전함으로써 구성되는 원주 등의 회전체, 또는 그것에 유사한 3차원 형상을 실현하고자 하는 경우이다), 이런 경우, 테두리선 보간용 법선벡터와 곡면보간용 법선벡터는 일치(실질적으로 일치)한다. 이와 같이 일치하는 벡터를 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터로 나누어 따로따로 분할용 폴리곤 데이터로 하는 것은 불필요하다.

또한, 분할용 폴리곤 데이터의 데이터 량을 줄이기 위하여, 단계 S18에서는, 동일한 정점에서의 테두리선 보간용 법선벡터와 곡면보간용 법선벡터를 비교하고, 그것들이 일치(실질적으로 일치)하는 경우, 그 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터를 하나의 벡터로 통합하는 벡터 통합처리가 수행된다. 여기서, 테두리선 보간용 법선벡터와 곡면보간용 법선벡터가 완전히 일치하는 경우, 단계 S18에서, 예를 들면, 그 중에서 어느 하나의 벡터가 선택되고, 그것이 벡터 통합처리 결과로 된다. 또한, 테두리선 보간용 법선벡터와 곡면보간용 법선벡터가 실질적으로 일치하는 경우, 단계 S18에서는, 예를 들면, 그것들의 평균값이 구해지고, 그것이 벡터 통합처리 결과로 된다. 벡터 통합처리 결과는, 분할용 데이터 베이스 13에 기억되어 있으며, 그 벡터 통합 처리의 대상으로 된 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터에 바꾸어 써넣어진다. 또한, 동일한 정점에서의 테두리선 보간용 법선벡터와 곡면보간용 법선벡터가 일치하지 않는 경우에는, 그것들은 분할용 데이터 베이스 13에 기억된 상태대로 된다.

데이터 처리부 12는, 단계 S18에 있어서, 분할용 데이터 베이스 13에 기억된 모든 정점에 대하여 벡터 통합처리를 수행하면, 단계 S19로 진행되고, 분할용 데이터 베이스 13의 기억 내용에 기초하여 분할용 폴리곤 데이터를 구성하며, 분할용 폴리곤 데이터 생성처리를 종료한다.

여기서, 도 26은 단계 S19에서 구성되는 분할용 폴리곤 데이터의 형식을 도시하고 있다.

분할용 폴리곤 데이터는, 예를 들면, 도 26(A)에 도시된 바와 같이, 한 개의 참조용 데이터 #1 내지 #I로 계속되고, I개의 폴리곤 데이터 #1 내지 #I가 순차적으로 배치되게 구성되어 있다.

여기서, 폴리곤 데이터 #i(i= 1, 2, … , I)는, 예를 들면, 도 20의 분할용 폴리곤 데이터 생성처리에 있어서, 도 24에 도시된 바와 같은 곡면 S가 작성될 때 마다, 그 곡면 S를 구성하는 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$에 대하여 생성된다. 따라서, 도 26(A)는, 3차원 형상이 I개의 폴리곤으로 구성되는 경우의 분할용 폴리곤 데이터를 도시하고 있다.

폴리곤 데이터 #i는, 도 26(B)에 도시된 바와 같이, 그 폴리곤 #i를 구성하는 정점의 좌표(px_1,py_1,pz_1), (px_2,py_2,pz_2), (px_3,py_3,pz_3), …, 각 정점에서의 테두리선 보간용 법선벡터 또는 곡면보간용 법선벡터로 되는 법선벡터(nx_1,ny_1,nz_1), (nx_2,ny_2,nz_2), (nx_3,ny_3,nz_3), 그 외의 다른 데이터로 구성되어 있다. 폴리곤 데이터 #i에 배치된 정점의 좌표 및 법선벡터에는, 그것들을 특정하기 위한 인덱스(index)가 부가되어 있다. 또한, 도 26(B)의 실시형태에서, 인덱스로서 일련의 숫자가 정점의 좌표 및 법선벡터에 실제로 부가되어 있지만, 인덱스는, 정점의 좌표 및 법선벡터에 대하여, 그것이 배치되어 있는 순번으로 일련의 숫자를 할당하는 것으로 하고, 폴리곤 데이터 #i 중에 써넣지 않도록 하는 것도 가능하다.

참조용 데이터 #i는, 폴리곤 데이터 #i를 참조하는 경우에 사용되는 데이터이고, 예를 들면, 도 26(C)에 도시된 바와 같이, 그 폴리곤 #i를 구성하는 정점의 수로서의 정점수 및 각 정점에 대한 참조용 데이터로 구성되어 있다. 따라서, 폴리곤 #i의 정점이 J개 있는 경우에, 정점에 대한 참조용 데이터는 J개 배치된다. 정점 #j(j=1, 2, …, J)에 대한 참조용 데이터는, 예를 들면, 도 26(D)에 도시된 바와 같이, 정점 #j의 좌표의 인덱스, 그 정점에서의 테두리선 보간용 법선벡터 A,B의 인덱스, 그 정점에서의 곡면보간용 법선벡터의 인덱스가 연속 배치되게 구성되어있다.

정점 #j의 좌표의 인덱스로서, 예를 들면, 1이 배치되어 있는 경우, 참조용 데이터 #i에 대응하는 폴리곤 데이터 #i에서도, 인덱스 「1」이 할당되어 있는 좌표(px_1,py_1,pz_1)이 정점 #j의 좌표라고 말하는 것으로 된다.

또한, 예를 들면, 테두리선 보간용 법선벡터 A의 인덱스로서, 예를 들면, 1이 배치되어 있는 경우, 참조용 데이터 #i에 대응하는 폴리곤 데이터 #i에서, 인덱스 「1」이 할당되어 있는 법선벡터(nx_1,ny_1,nz_1)이 정점 #j에서의 테두리선 보간용 법선벡터 A라고 말하는 것으로 된다.

또한, 예를 들면, 테두리선 보간용 법선벡터 B의 인덱스로서, 예를 들면, 2가 배치되어 있는 경우, 참조용 데이터 #i에 대응하는 폴리곤 데이터 #i에서, 인덱스 「2」가 할당되어 있는 법선벡터(nx_2,ny_2,nz_2)가 정점 #j에서의 테두리선 보간용 법선벡터 B라고 말하는 것으로 된다.

또한, 예를 들면, 곡면보간용 법선벡터의 인덱스로서, 예를 들면, 3이 배치되어 있는 경우, 참조용 데이터 #i에 대응하는 폴리곤 데이터 #i에서, 인덱스「3」이 할당되어 있는 법선벡터(nx_3,ny_3,nz_3)이 정점 #j에서의 곡면보간용 법선벡터라고 말하는 것으로 된다.

여기서, 하나의 정점 #j에서의 테두리선 보간용 법선벡터가, 벡터 A 및 B의 2개 있는 것은 다음과 같은 이유에 기인한다. 즉, 위에서 설명한 바와 같은 분할용 폴리곤 데이터 생성처리에서 생성되는, 예를 들면, 도 24에 도시된 도면 S를 구성하는 다각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$의 각 정점 P_1 내지 P_4에 있어서, 모두 방향이 다른 2개 곡선(테두리선)이 교차하지만, 그 2개의 곡선에 대한 법선벡터가 곡면보간용 법선벡터로서 주어지기 때문이다.

또한, 위에서 설명한 경우에 있어서, 테두리선 보간용 법선벡터 A,B, 곡면보간용 법선벡터 각각에 대하여, 다른 인덱스를 주도록 했지만, 도 20의 단계 S18에서, 예를 들면, 테두리선 보간용 법선벡터 A,B, 곡면보간용 법선벡터가 일치하고, 하나의 벡터로 통합된 경우에는, 테두리선 보간용 법선벡터 A,B, 곡면보간용 법선벡터 중 어느 것에 대하여도 그 통합된 하나의 벡터로 할당되어 있는 인덱스가 주어진다. 즉, 예를 들면, 테두리선 보간용 법선벡터 A,B, 곡면보간용 법선벡터가, 모두

(nx_1,ny_1,nz_1)으로 나타내는 경우에는, 테두리선 보간용 법선벡터 A,B, 곡면보간용 법선벡터의 인덱스는 모두 법선벡터 (nx_1,ny_1,nz_1)으로 할당되어 있는 인덱스인 1로 된다(이런 경우, 법선벡터 (nx_1,ny_1,nz_1)은 테두리선 보간용 법선벡터 A,B, 곡면보간용 법선벡터에 대한 벡터 통합처리 결과(도 20의 단계 S18)이다). 또한, 이런 경우, 폴리곤 데이터 #i에 법선벡터로서 배치되는 것은 벡터(nx_1,ny_1,nz_1)만으로 된다.

또한, 도 20의 분할용 폴리곤 데이터 생성처리에서, 제작자에게 정점의 좌표 및 그 정점에서의 테두리선의 법선벡터를 입력하여 얻고, 그것들로부터 테두리선으로 되는 곡선을 구하며, 그 곡선들 끼리를 교차되게 함으로써 3차원 형상을 정의하여 가도록 했지만, 3차원 형상은, 예를 들면, 아래와 같이 하여 구성하는 것도 가능하다.

즉, 먼저, 실현하고자 하는 3차원 형상에 대하여 실제로 측정을 수행하고, 3차원 공간에서의 각 정점의 좌표, 및 각 정점에서의 3차원 형상의 법선벡터, 즉, 곡면보간용 법선벡터를 구하고, 이것을 제작자에 의하여, 데이터 처리부 12에 입력하여 얻는다. 데이터 처리부 12에서는, 정점에서의 곡면보간용 법선벡터를 그 정점에서 교차하는 2개의 테두리선 각각에 대한 테두리선 보간용 법선벡터 A,B로 간주하고, 테두리선으로 되는 곡선을 구하게 하여 표시되게 한다. 또한, 그 표시된 테두리선 중에서 구부려 꺾어져 있는(찌그러져 있는) 것에 대하여는, 곡선보간용 법선벡터와 같게 되어있는 테두리선 보간용 법선벡터 A,B를, 테두리선이 매끄럽게 되도록, 제작자에 의하여 보정하여 얻는다. 이런 경우, 도 20의 단계 S17 및 S18의 처리는 수행하지 않고 종료하게 된다.

다음으로, 데이터 제공장치 1에서, 분할용 폴리곤 데이터 생성처리(도 20)이 수행되고, 도 26에 도시된 바와 같은 분할용 폴리곤 데이터가 분할용 데이터 베이스 13에 기억되면, 분할 처리부 14에서, 분할용 데이터 베이스 13으로부터 분할용 폴리곤 데이터가 읽어들여 지고, 미세 분할처리가 수행된다.

또한, 도 27의 순서도를 참조하여, 분할 처리부 14에서 수행되는, 폴리곤에 대한 미세 분할처리에 대하여 설명한다.

또한, 여기서는, 예를 들면, 도 28에 도시된 바와 같은 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$의 가로방향 또는 세로방향을 각각 M 또는 N 분할하고, 이것에 의해, M×N개의 사각형 폴리곤을 구성하는 것으로 한다(여기서는, 도 28의 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$의, 예를 들면, 선분 P_1P_2(또는 P_3P_4)의 방향을 가로방향으로, 선분 P_1P_3(또는 P_2P_4)의 방향을 세로방향으로 한다).

또한, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$의 정점 P_i(i = 1,2,3,4)에서의 곡면용 법선벡터를 n_i으로 나타내는 동시에, 그 정점 P_i에서의 가로방향의 테두리선에 대한 테두리선 보간용 법선벡터를 A_i로 나타내고, 세로방향의 테두리선에 대한 테두리선 보간용 법선벡터를 B_i로 나타낸다.

이런 경우, 미세 분할처리에서, 먼저 최초로, 단계 S21에 있어서, 테두리선 P_1P_2의 분할처리가 수행된다. 즉, 단계 S21에서, 정점 P_1과 P_2 사이에 M-1개의 보간점 P_{12}가 설정되고, 또한, 그 M-1개의 보간점 P_{12} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{12}가 구해진다.

또한, 단계 S22로 진행되고, 테두리선 P_3P_4의 분할처리가 수행된다. 즉, 단계 S22에서, 정점 P_3과 P_4 사이에 M-1개의 보간점 P_{34}가 설정되고, 또한, 그 M-1개의 보간점 P_{34} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{34}가 구해진다.

그 다음, 단계 S23, S24로 순차적으로 진행되고, 테두리선 P_1P_3의 분할처리, 테두리선 P_2P_4의 분할처리가 수행된다. 즉, 단계 S23에서, 정점 P_1과 정점 P_3 사이에 N-1개의 보간점 P_{13}이 설정되고, 또한, 그 N-1개의 보간점 P_{13} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{13}이 구해진다. 또한, 단계 S24에서, 정점 P_2과 정점 P_4 사이에 N-1개의 보간점 P_{24}이 설정되고, 또한, 그 N-1개의 보간점 P_{24} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{24}가 구해진다.

또한, 단계 S25로 진행되고, 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$의 폴리곤 내부의 분할처리가 수행된다. 즉, 단계 S25에서, M-1개의 보간점 P_{12}와 M-1개의 보간점 P_{34}의 대응하는 것들끼리 각각의 사이에, N-1개의 보간점, 다시 말하면, 전부로, (M-1)×(N-1)개의 보간점 P_{1234}가 설정되고, 그 (M-1)×(N-1)개의 보간점 P_{1234} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{1234}가 구해진다.

그 다음, 단계 S26으로 진행되고, 단계 S21 내지 S25에서 구해진 보간점 P_{12}, P_{34}, P_{13}, P_{24}, P_{1234}에 기초하여 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$가 M×N개의 사각형 서브 폴리곤으로 분할되며, 미세 분할처리를 종료한다.

예를 들면, 현재, 도 28에 도시된 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을, 2×2개의 사각형 서브 폴리곤으로 분할하는 것으로 하면(따라서, M=N=1), 도 27의 단계 S21에서, 테두리선 P_1P_2에 일치하는 보간선이, 정점 P_1 및 P_2의 좌표 및 테두리선 보간용 법선벡터 A_1 및 A_2를 사용하여, 도 9의 제어점 산출처리를 수행함으로써 구해진다. 또한, 단계 S21에서, 그 보간선 P_1P_2를 나타내는 베지어 곡선의 식(1)에 파라미터 t로서, 예를 들면, 0.5를 대입함으로써, 도 29에 도시된 바와 같이, 보간선 P_1P_2상의 한 점인 P_{12}가 구해진다. 또한, 단계 S21에서, 정점 P_1 또는 P_2 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_1 또는 n_2로부터, 도 16에서 설명한 바와 같이 하여, 보간점 P_{12}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{12}도 구해진다.

단계 S22에 있어서도, 정점 P_3 및 P_4를 대상으로, 단계 S21에서의 경우와 동일한 형태의 처리가 수행되고, 이것에 의해, 도 29에 도시된 바와 같이, 보간선 P_3P_4상의 한 점인 보간점 P_{34}가 구해지는 동시에, 그 보간점 P_{34}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{34}가 구해진다.

또한, 단계 S23에서, 테두리선 P_1P_3에 일치하는 보간선이 정점 P_1 및 P_3의 좌표, 및 테두리선 보간용 법선벡터 B_1 및 B_3을 사용하여, 도 9의 제어점 산출처리를 수행함으로써 구해진다. 또한, 단계 S23에서, 그 보간선 P_1P_3를 나타내는 베지어 곡선의 식(1)에 파라미터 t로서, 예를 들면, 0.5를 대입함으로써, 도 30에 도시된 바와 같이, 보간선 P_1P_3상의 한 점인 P_{13}이 구해진다. 또한, 단계 S23에서, 정점 P_1 또는 P_3 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_1 또는 n_3으로부터, 도 16에서 설명한 바와 같이 하여, 보간점 P_{13}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{13}도 구해진다.

단계 S24에 있어서도, 정점 P_2 및 P_4를 대상으로, 단계 S23에서의 경우와 동일한 형태의 처리가 수행되고, 이것에 의해, 도 30에 도시된 바와 같이, 보간선 P_2P_4상의 한 점인 보간점 P_{24}가 구해지는 동시에, 그 보간점 P_{24}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{24}가 구해진다.

또한, 단계 S25에서, 보간선 P_1P_2상의 보간점과 보간선P_3P_4상의 보간점의 대응하는 보간선들 끼리의 사이를 보간하는 보간선이 구해지고, 그 보간선상에, 보간선 P_1P_3(또는 보간선 P_2P_4)상에 설정된 보간점과 동일한 수의 보간점이 설정된다. 즉, 현재의 경우, 도 31에 도시된 바와 같이, 보간점 P_{12}와 P_{34} 사이를 보간하는 보간선 $P_{12}P_{34}$가, 보간점 P_{12} 및 P_{34}의 좌표 및 곡면보간용 법선벡터 n_{12}, n_{34}를 사용하여, 도 9의 제어점 산출처리를 수행함으로써 구해진다. 또한, 그 보간선 $P_{12}P_{34}$를 나타내는 베지어 곡선의 식(1)에 파라미터 t로서, 예를 들면, 0.5를 대입함으로써, 도 31에 도시된 바와 같이, 보간선 $P_{12}P_{34}$상의 한 점인 P_{1234}가 구해진다. 또한, 정점 P_{12} 또는 P_{34} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{12} 또는 n_{34}로부터, 도 16에서 설명한 바와 같이 하여, 보간점 P_{1234}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{1234}가 구해진다.

또한, 단계 26에서, 단계 S21 내지 S25에서 구해진 보간점 P_{12}, P_{34}, P_{13}, P_{24}, P_{1234}에 기초하여 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$가 2×2개의 사각형 서브 폴리곤으로 분할된다. 즉, 도 28에 도시된 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$은, 도 32에 도시된 바와 같이, 4개의 서브 폴리곤 $P_1P_{12}P_{1234}P_{13}$, $P_{12}P_2P_{24}P_{1234}$, $P_{1234}P_{24}P_4P_{34}$, $P_{13}P_{1234}P_{34}P_3$으로 분할되고, 이것에 의해, 사각형 폴리곤 P_{1243}만의 경우에 비교하여 매끄러운 3차원 형상이 실현된다.

또한, 위에서의 경우에 있어서, 단계 S25에서, 보간선 P_1P_2상의 보간점과 보간선 P_3P_4상의 보간점의 대응하는 보간들 끼들의 사이를 보간하는 보간선을 구하고, 그 보간선상에, 보간선 P_1P_3(또는 P_2P_4)상에 설정된 보간점과 동일한 수의 보간점을 설정하도록 했지만, 그외에도, 예를 들면, 보간선 P_1P_3상의 보간점과 보간선 P_2P_4상의 보간점의 대응하는 보간선들 끼리의 사이를 보간하는 보간선을 구하고, 그 보간선상에, 보간선 P_1P_2(또는 P_3P_4)상에 설정된 보간점과 동일한 수의 보간점을 설정하도록 하여도 바람직하다.

즉, 예를 들면, 도 28에 도시된 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$을 2×2개의 사각형 서브 폴리곤으로 분할하는 경우에는, 단계 S25에서, 도 33에 도시된 바와 같이, 보간점 P_{13}과 P_{24} 사이를 보간하는 보간선 $P_{13}P_{24}$를 보간점 P_{13} 및 P_{24}의 좌표 및 곡면보간용 법선벡터 n_{13} n_{24}를 사용하여, 도 9의 제어점 산출처리를 수행함으로써 구해진다. 또한, 단계 S25에서 보간선 $P_{13}P_{24}$를 나타내는 베지어 곡선의 식(1)에 파라미터 t로서, 예를 들면, 0.5를 대입함으로써, 보간선 $P_{12}P_{34}$상의 한 점인 P_{1324}를 구하고, 또한, 정점 P_{13} 또는 P_{24} 각각에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{13} 또는 n_{24}로부터, 도 16에서 설명한 바와 같이 하여, 보간점 P_{1324}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{1324}를 구하도록 한다.

이런 경우, 도 28의 사각형 폴리곤 $P_1P_2P_4P_3$은 4개의 서브 폴리곤 $P_1P_{12}P_{1324}P_{13}$, $P_{12}P_2P_{24}P_{1324}$, $P_{1324}P_{24}P_4P_{34}$, $P_{13}P_{1324}P_{34}P_3$으로 분할되는 것으로 된다.

여기서, 단계 S25에서, 보간점 P_{1234}(도 31) 및 P_{1324}(도 33) 모두를 구하고, 그 좌표의 평균값 등으로 나타내어지는 점을 최종적인 보간점으로 하는 것도 가능하다. 이런 경우, 그 최종적인 보간점에서의 보간용 벡터는, 예를 들면, 곡면보간용 법선벡터 n_{1234}와 n_{1324}의 평균값 등으로 된다.

이상과 같은 미세 분할처리에 의해 얻어지는 서브 폴리곤은 분할처리부 14로부터 렌더링부 15로 공급되고, 렌더링처리가 수행됨으로써 묘화(image drawing)된다. 즉, 렌더링부 15는, 예를 들면, 서브 폴리곤에 대하여, 섀이딩 등을 수행하고, 또한, 화면 좌표계로의 변환을 수행한다. 또한, 서브 폴리곤의 섀이딩은 각 정점에서의 곡면보간용 법선벡터를 사용하여 수행된다. 또한, 렌더링부 15는 텍스쳐 데이터 베이스 17에 기억되어 있는 텍스쳐의 데이터를 사용하여 텍스쳐 매핑하기 위한 텍스쳐 어드레스의 계산 등을 수행하고, 표시부 16을 구성하는 각 화소의 최종적인 RGB값을 구하며, 표시부 16으로 출력한다. 이것에 의해, 표시부 16에서, 서브 폴리곤에 의해 구성되는 3차원 화상이 표시된다.

또한, 제작자는, 표시부 16에 표시된 3차원 화상에 문제가 없으면, 입력부 11을, 분할용 데이터 베이스 13의 기억 내용을 송신/기록장치 18로 공급하도록, 조작한다. 이것에 대응하여, 분할용 데이터 베이스 13에 기억된 분할용 데이터는 송신/기록장치 18로 공급된다. 송신/기록장치 18은 분할용 폴리곤 데이터를 수신하면, 텍스쳐 데이터 베이스 17로부터 텍스쳐의 데이터를 읽어들이고, 분할용 폴리곤 데이터와 다중화하여 전송매체 2를 통하여 전송하며, 또는 기록매체 3에 기록한다.

또한, 표시부 16에 표시된 3차원 화상에 문제가 있는 경우에는, 제작자는 입력부 11을 조작하여 분할용 폴리곤 데이터를 수정한다.

다음으로, 도 34의 순서도를 참조하여 도 27의 단계 S21 내지 S24에서의 테두리선의 분할처리에 대하여 좀 더 설명한다. 또한, 여기서는, 폴리곤을 구성하는 하나의 정점을 P_1로 하는 동시에, 그 정점 P_1에 인접하는 다른 정점을 P_2라 한다. 또한, 정점 P_1과 P_2 사이의 테두리선 P_1P_2에 대한 정점 P_1 또는 P_2에서의 테두리선 보간용 법선벡터를 각각 A_1 또는 A_2로 하는 동시에, 정점 P_1 또는 P_2에서의 곡면보간용 법선벡터를 각각 n_1 또는 n_2로 한다.

테두리선 분할처리에서, 먼저 최초에, 단계 S31에 있어서, 직선(선분)P_1P_2가 구해지며, 단계 S32로 진행되고, 직선 P_1P_2를 정점 P_1 또는 P_2를 포함하며 테두리선 보간용 법선벡터 A_1 또는 A_2에 수직한 평면 각각에 정사영하고, 각각의 평면에 사영된 직선 방향의 단위 벡터가 구해지며, 각각이 정점 P_1 또는 P_2에서의 접선벡터로 된다.

또한, 단계 S33으로 진행되고, 정점 P_1 또는 P_2에서의 접선벡터 각각과 직선 P_1P_2가 이루는 각도 Θ_1 또는 Θ_2가 구해진다. 그 다음, 단계 S34, S35로 순차적으로 진행되고, 도 9에서의 경우와 동일하게 하여 테두리선 P_1P_2에 일치하는 보간선으로서의 3차의 베지어 곡선이 구해진다.

즉, 단계 S34에서, 각도 Θ_1 및 Θ_2, 및 정점 P_1 및 P_2의 좌표에 기초하여, 제어점 P_1 또는 P_2에서부터 다른 제어점 Q_1 또는 Q_2까지의 거리인 제어변 길이 L_1 또는 L_2가 각각 구해진다. 또한, 단계 S35에서, 제어변 길이 L_1 또는 L_2로부터 제어점 Q_1 또는 Q_2가 각각 구해지고, 이것에 의해, 테두리선 P_1P_2에 일치하는 보간선으로서의 3차의 베지어 곡선이 특정된다.

또한, 단계 S36, S37로 순차적으로 진행되고, 베지어 곡선인 보간선 P_1P_2상에 보간점 P_{12}가 설정되며, 그 보간점 P_{12}에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{12}가 구해지고, 테두리선의 분할처리를 종료한다.

즉, 단계 S36에서, 베지어 곡선인 보간선 P_1P_2를 나타내는 식(1) 중에서 파라미터 t에 소정의 값이 대입됨으로써, 보간점 P_{12}가 구해진다. 또한, 단계 S36에서, 도 16에서 설명된 바와 같이 하여, 보간선 P_1P_2의 보간점 P_{12}에서의 접선벡터 s_{12}가 구해지는 동시에, 곡면보간용 법선벡터 n_1 및 n_2를 사용하여 선형보정을 수행함으로써, 도 16에서 설명한 벡터 nn_{12}가 구해진다. 또한, 단계 S37에 있어서, 벡터 nn_{12}가, 도 16에서 설명한 바와 같이, 접선벡터 s_{12}에 의하여 보정되고, 그 보정 결과가 보간점 P_{12}에서의 최종적인 곡면보간용 법선벡터 n_{12}로서 구해진다.

다음으로, 도 35의 순서도를 참조하여, 도 27의 단계 S25에서의 폴리곤 내부의 분할처리에 대하여 좀 더 설명한다. 또한, 여기서는, 테두리선의 분할처리에 의하여 얻어지는 테두리선상의 한 보간점을 P_1로 하는 동시에, 그 테두리선에 대향하는 테두리선상의 보간점 P_1에 대응하는 보간점을 P_2라 한다. 또한, 보간점 P_1 또는 P_2를 구하기 위한 테두리선의 분할처리에 있어서, 보간점 P_1 및 P_2와 함께 구해진 각각에서의 곡면보간용 법선벡터를 n_1 또는 n_2라 한다.

폴리곤 내부의 분할처리에서, 단계 S42에 있어서, 테두리선 보간용 법선벡터는 없고, 곡면보간용 법선벡터 n_1 또는 n_2를 사용하여, 보간점 P_1 또는 P_2 각각에서의 접선벡터가 구해지는 것을 제외하면, 단계 S41 내지 S47에 있어서, 도 34의 단계 S31 내지 S37에서의 경우와 각각 동일한 형태의 처리가 수행되고, 보간점 P_1과 P_2 사이를 보간하는 보간선으로서의 베지어 곡선상의 점인 보간점, 및 그 보간점에서의 곡면보간용 법선벡터 n_{12}가 구해진다.

이상에서와 같이, 정점이 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터 모두를 갖는 경우에는, 미세 분할처리를 수행하는 본래의 폴리곤의 정점들끼리의 사이를 보간하는 보간점은 테두리선 보간용 법선벡터를 사용하여 구해지고, 보간점들끼리의 사이를 보간하는 보간점은 곡면보간용 법선벡터를 사용하여 구해진다. 다만, 위에서 설명한 보간선(테두리선)의 구부려 꺾어짐이 문제가 되지 않는 경우에는, 정점이 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터 모두를 갖고 있어도, 곡면보간용 법선벡터만을 사용하여 보간점을 구하도록 하여도 바람직하다.

이상에서와 같은 미세 분할처리에 따르면, 대략적인 폴리곤에 대한 분할용 폴리곤 데이터로부터 매끄러운 3차원 형상을 구성하는 서브 폴리곤을 생성할 수 있다.

즉, 예를 들면, 도 36에 도시된 입방체는 그 6면을 구성하는 6개의 사각형(정방형) 폴리곤으로 구성되지만 그 6개의 사각형 폴리곤에 대하여 미세 분할처리를 수행하지 않고 그대로 묘화를 수행한 경우에는, 예를 들면, 도 37에 도시된 바와 같은 입방체가 얻어진다. 이것에 대하여, 6개의 사각형 폴리곤의 각 정점에, 도 36에 도시된 바와 같은 입방체의 중심으로부터 방사형으로 퍼진 벡터를 보간용 벡터(곡면보간용 벡터)로서 주어 놓고, 미세 분할처리를 수행한 경우에는, 예를 들면, 도 38에 도시된 구가 얻어진다. 또한, 도 38에서(뒤에 설명하는 도 40 내지 도 42에 대하여도 동일한 형태), 하나의 사각형 폴리곤을 5×5의 서브 폴리곤으로 분할하여 있다.

또한, 6개의 사각형 폴리곤의 각 정점에 주어지는 보간용 벡터를, 도 36에 도시된 것으로부터, 예를 들면, 도 39의 측면도에 도시된 바와 같이 기울어진 것으로 하는 것에 의해, 6개의 사각형 폴리곤은 미세 분할처리를 수행함으로써 도 39에 점선으로 도시된 바와 같은 찌그러진 구를 구성하는 서브 폴리곤으로 분할된다. 즉, 입방체를 구성하는 6개의 사각형 폴리곤에 주어지는 보간용 벡터를 고치기만 함으로써, 도 40 또는 도 41에 도시된 바와 같은, 소위 계란형의 3차원 형상을 얻을 수 있다.

여기서, 도 38, 도 40 및 도 41에 도시된 3차원 형상은 곡면보간용 법선벡터만을 보간용 벡터로서 사용함으로써 실현할 수 있다.

또한, 도 36에 도시된 입방체를 구성하는 6개의 사각형 폴리곤 중에서, 원주의 측면을 구성하는 것의 정점에는, 그 사각형 폴리곤의 법선벡터를 테두리선 보간용 법선벡터 및 곡면보간용 법선벡터로서 주어 놓고, 원주의 밑면인 원을 구성하는 사각형 폴리곤의 정점에는 그 원의 중심으로부터 방사형으로 퍼지는 방향의 벡터를 테두리선 보간용 법선벡터로서 주어 놓는 동시에, 그 원(의 면)의 법선방향의 벡터를 곡면보간용 법선벡터로 주어 놓음으로써, 미세 분할처리에 의하여, 예를 들면, 도 42에 도시된 바와 같은 원주를 실현할 수 있다.

이상에서와 같이, 미세 분할처리에 따르면, 대략적인 폴리곤에 대한 분할용 폴리곤 데이터로부터 매끄러운 3차원 형상을 구성하는 서브 폴리곤을 생성할 수 있기 때문에, 제작자는, 3차원 형상에 대하여, 상세한 파라미터를 설정하지 않고도, 복잡한 3차원 형상을 구성하는 것이 가능하게 된다.

다음으로, 도 43의 순서도를 참조하여 도 3의 사용자 단말 4의 처리에 대하여 설명한다.

사용자 단말 4에서, 수신/재생장치 21에 있어서, 전송매체 2를 통하여 전송되어 오는 데이터가 수신되고, 또는 기록매체 3에 기록된 데이터가 재생되며, 그 중에서 분할용 폴리곤 데이터는 분할용 데이터 베이스 22로 공급되어 기록되고, 텍스쳐 데이터는 텍스쳐 데이터 베이스 27로 공급되어 기록된다.

분할용 데이터 베이스 22에 기록된 분할용 폴리곤 데이터는 기하학적 처리부 23에 의하여, 예를 들면, 한 프레임 단위로 읽어들이고, 기하학적 처리부 23은, 단계 S51에서, 그 분할용 폴리곤 데이터에 대하여, 사용자에 의한 입력부 28의 조작에 대응한 기하학적 처리(시점(視點)에 따른 좌표변환 등)을 수행하며, 분할처리부 24로 공급한다. 분할 처리부 24에서, 단계 S52에 있어서, 데이터 제공장치 1의 분할 처리부 14에서의 경우와 동일한 형태로 하여, 분할용 폴리곤 데이터에 대하여, 미세 분할처리가 수행되고, 그 결과 얻어지는 서브 폴리곤이 렌더링부 25로 공급된다. 렌더링부 25는, 단계 S53에서, 분할처리부 14로부터 서브 폴리곤을 투시변환(투시투형 변환)하고, 단계 S54로 진행된다. 단계 S54에서, 렌더링부 25에 있어서, 그 변환 후의 데이터에 대하여, 휘도계산(섀이딩(예를 들면, 고우러드(Gouraud) 섀이딩 또는 퐁 섀이딩 등))을 수행하고, 또한, 텍스쳐 어드레스의 계산 등을 수행함으로써 각 화소의 RGB값이 구해진다. 또한, 단계 S55에서, 렌더링부 25에 있어서, 각 화소의 RGB값이 도시되지 않은 프레임 버퍼에 써넣어 지고, 다음 프레임에 대한 분할용 폴리곤 데이터가 분할용 데이터 베이스 22로부터 읽어들여 지는 것을 기다리며 단계 S51로 되돌아 간다. 또한, 프레임 버퍼에 써넣어진 RGB값으로서의 3차원 화상은 소정의 시간에 의해 읽어들여 지고, 표시부 26에서 표시된다.

따라서, 사용자 단말 4에서도, 데이터 제공장치 1에서의 경우와 동일한 형태로, 대략적인 폴리곤에 대한 분할용 폴리곤 데이터로부터 매끄러운 3차원 형상을 구성하는 서브 폴리곤을 생성할 수 있다.

다음으로, 도 44는, 사용자 단말 4가, 예를 들면, 비디오 게임기인 경우의 구성예를 도시하고 있다. 또한, 사용자 단말 4가 비디오 게임기인 경우에 있어서, 사용자 단말 4에 대하여는, 데이터 제공장치 1로부터 전송매체 2 또는 기록매체 3을 통하여 3차원 화상을 표시하기 위한 데이터 이외에도, 게임기의 프로그램(컴퓨터 프로그램) 등도 제공되도록 되어있다.

이런 비디오 게임기는, 각 블록에서 데이터를 교환하기 위한 버스로서, 메인버스 101 및 서브버스 102의 2종류의 버스를 갖고 있고, 이 메인버스 101 및 서브버스 102는 버스 제어기 116를 통하여 접속되어 있다.

메인버스 101에는, 버스 제어기 116이외에도, 예를 들면 마이크로 프로세서 등으로 이루어진 메인 CPU(Central Processing Unit) 111, 예를 들면 RAM(Random Access Memory) 등으로 이루어진 메인 메모리 112, 메인 DMAC (Direct Memory Acce-ss Controller) 113, MDEC(MPEG(Moving Picture Experts Group) Decoder), 및 GPU (Graphic Processor Unit) 115가 접속되어 있다.

서브버스 102에는, 버스 제어기 106이외에도, GPU 115, 예를 들면 메인 CPU 111과 동일한 형태로 구성되는 서브 CPU 121, 예를 들면 메인 메모리 112와 동일한 형태로 구성되는 서브 메모리 122, 서브 DMAC 123, 운영 체제(operating system) 등이 기억된 ROM(Read Only Memory) 124, SPU(Sound Processing Unit) 125, ATM(Asynchronous Transmission Mode) 통신부 126, 보조 기억장치 127, 및 입력 디바이스용 I/F(Interface) 128이 접속되어 있다.

또한, 여기서는, 메인버스 101는 고속으로 데이터의 교환이 수행되도록 되어있고, 서브버스 102는 저속으로 데이터의 교환이 수행되도록 되어있다. 즉, 저속으로 교환이 가능한 데이터에 대하여는 서브버스 102를 사용함으로써 메인버스 101의 고속성을 확보하도록 되어있다.

버스 제어기 116은, 메인버스 101과 서브버스 102를 분리하기도 하고, 메인버스 101에 서브버스 102를 접속하기도 하도록 되어있다. 메인버스 101과 서브버스 102가 분리된 경우, 메인버스 101상으로부터는 메인버스 101에 접속된 디바이스에만 엑세스할 수 있고, 또한, 서브버스 102상으로부터도 서브버스에 접속된 디바이스에만 억세스할 수 있지만, 메인버스 101에 서브버스 102가 접속된 경우에는, 메인버스 101 및 서브버스 102의 어느 것으로부터에도, 어느 것의 디바이스에도 엑세스할 수 있다. 또한, 예를 들면, 장치의 전원이 온으로 된 직후 등의 초기상태에 있어서는, 버스 제어기 116은 개방 상태로 되어있다(메인버스 101 및 서브버스 102가 접속된 상태로 되어있다).

메인 CPU 111은 메인 메모리 112에 기억된 프로그램에 따라서 각 종의 처리를 수행하도록 되어있다. 즉, 메인 CPU 111은, 예를 들면, 장치가 기동되면, 버스 제어기 116을 통하여 서브버스 102상에 있는(서브버스 102에 접속된) ROM 124로부터 부팅(booting) 프로그램을 읽어들여 실행한다. 이것에 의해, 메인 CPU 111은 보조 기억장치 127로부터 응용 프로그램(여기서는, 게임의 프로그램 또는, 위에서 설명한 미세 분할처리 등을 수행하기 위한 프로그램) 및 필요한 데이터를 메인 메모리 112 또는 서브 메모리 112에 로드(load)시킨다. 또한, 메인 CPU 111은 이와 같이 하여 메인 메모리 112에 로드시킨 프로그램을 실행한다.

메인 CPU 111은 GTE(Geometry Transfer Engine) 117을 내장하고 있고, 이 GTE 117은, 예를 들면 복수의 연산을 병렬로 실행하는 병렬연산기기를 포함하며, 메인 CPU 111로부터의 필요에 따라서, 좌표변환 등의 기하학적 처리를 위한 연산처리를 고속으로 수행하도록 되어있다. 이와 같이, GTE 117은, 메인 CPU 111로부터의 요구에 따른 처리(기하학적 처리)를 수행함으로써, 표시해야만 하는 3차원 화상을 구성하는 폴리곤의 데이터를 생성하고, 메인 CPU 111로 공급한다. 메인 CPU 111은, GTE 117로부터 폴리곤 데이터를 수신하면, 메인버스 101를 통하여 GPU 115로 전송한다.

또한, 메인 CPU 111은, 캐쉬(cache) 메모리 119를 내장하고 있고, 메인 메모리 112에 억세스하는 대신에, 이러한 캐쉬 메모리 119에 억세스함으로써, 처리의 고속화를 얻도록 되어있다.

메인 메모리 112는, 위에서 설명한 바와 같이, 프로그램 등을 기억하는 것뿐만 아니라, 메인 CPU 111의 처리상 필요한 데이터 등을 기억도 하도록 되어있다. 메인 DMAC 113은 메인버스 101상의 디바이스를 대상으로 DMA 전송의 제어를 수행하도록 되어있다. 다만, 버스 제어기 116이 개방 상태로 있는 경우는, 메인 DMAC 113은 서브버스 102상의 디바이스도 대상으로서 제어를 수행하도록 되어있다. MDEC 114는 메인 CPU 111과 병렬로 동작 가능한 I/O 디바이스로서, 화상 신장(伸張) 엔진으로서 기능하도록 되어있다. 즉, MDEC 114는 MPEC 부호화되어 압축된 화상 데이터를 해독하도록 되어있다.

GPU 115는 렌더링 프로세서로서 기능하도록 되어있다. 즉, GPU 115는, 메인 CPU 111로부터 송신되어 오는 분할용 폴리곤 데이터를 수신하고, 미세 분할처리를 수행함으로써, 서브 폴리곤으로 분할되도록 되어있다. 또한, GPU 115는 서브 폴리곤을 투시투영 변환함으로써, 2차원 평면(화면 좌표계)상의 데이터로 하고, 또한, 서브 폴리곤의 정점의 색 데이터(위에서 설명하지 않았지만, 색 데이터도 분할용 폴리곤 데이터에 포함되어 있다), 및 그 깊이(depth; 관점(觀點)으로부터의 깊이)를 나타내는 Z값 등에 기초하여 폴리곤을 구성하는 화소 데이터를 계산하며, 그래픽 메모리 118에 써넣어지(묘화하)도록 되어있다. 또한, GPU 115는, 필요에 따라서, 메인 DMAC 113, 또는 서브버스 102 상의 디바이스로부터도 분할용 폴리곤 데이터를 수신하고, 그 데이터에 따라서 동일한 형태의 처리를 수행하도록 되어있다.

그래픽 메모리 118은, 예를 들면, DRAM 등으로 구성되고, 도 45에 도시된 바와 같이, 프레임 메모리 141, Z버퍼 142, 및 텍스쳐 메모리 143을 갖고 있다. 프레임 메모리 141은 화면에 표시하는 화소 데이터를, 예를 들면, 한 프레임분 만큼 기억하도록 되어있다. Z버퍼 142는 화면에 표시되는 화상 중에서 관찰자로부터 가장 앞에 있는 폴리곤의 Z값을 기억하도록 되어있고, 예를 들면, 한 프레임 분의 Z값을 기억할 수 있는 기억 용량을 갖고 있다. 텍스쳐 메모리 143은 폴리곤에 부착되는 텍스쳐의 데이터를 기억하도록 되어있다.

여기서, GPU 115는, 이것들의 프레임 메모리 141, Z버퍼 142, 및 텍스쳐 메모리 143을 이용하여 처리를 수행하도록 되어있다. 즉, GPU 115는, Z버퍼 142에, 3차원 화상을 구성하는 폴리곤 중에서 관찰자로부터 가장 앞에 있는 것의 Z값을 기억하게 하고, 그 Z버퍼 142의 기억값에 기초하여 프레임 버퍼 141에 화소 데이터 (RGB 값)의 묘화를 수행할지 어떨지를 결정한다. 또한, 화소 데이터를 묘화하는 경우에는, 텍스쳐 메모리 143으로부터 텍스쳐 데이터를 읽어들이고, 그 데이터를 이용하여, 묘화해야만 하는 화소 데이터를 구하며, 프레임 메모리 141에 묘화하도록 되어있다.

도 44로 돌아가서, 서브 CPU 121은, 서브 메모리 122에 기억된 프로그램을 읽어들여 실행함으로써, 각종의 처리를 수행하도록 되어있다. 서브 메모리 122에는, 메인 메모리 112와 동일한 형태로, 프로그램 및 필요한 데이터가 기억되도록 되어있다. 서브 DMAC 123은, 서브버스 102상의 디바이스를 대상으로 하여, DMA 전송의 제어를 수행하도록 되어있다. 또한, 서브 DMAC 123은, 버스 제어기 116이 폐쇄(close) 상태로 있는 경우(메인버스 101과 서브버스 102가 떨어져 있는 상태로 있는 경우)에만, 버스권(權)을 획득하도록 되어있다. ROM 124는, 위에서 설명한 바와 같이, 부팅 프로그램 및 운영 체제 등을 기억하고 있다. 또한, R0M 124에는 메인 CPU 111 및 서브 CPU 121 모두의 프로그램이 기억되어있다. 또한, ROM 124는, 여기서는, 억세스 속도가 느린 것이 사용되고 있고, 그 때문에 서브버스 102상에 설치되어있다.

SPU 125는, 서브 CPU 121 또는 서브 DMAC 123으로부터 송신되어오는 패킷 (packet)을 수신하고, 그 패킷에 배치되어 있는 사운드 명령에 따라서 사운드 메모리 129로부터 음성 데이터를 읽어들이도록 되어있다. 또한, SPU 125는 읽어들인

음성 데이터를 도시되지 않은 스피커로 공급하여 출력하게 하도록 되어있다. ATM 통신부 126은, 예를 들면, 전송매체 2를 통하여 수행되는 통신의 제어(ATM 통신의 제어)를 수행하도록 되어있다. 이것에 의해, 비디오 게임기의 사용자는 다른 비디오 게임기의 사용자와 직접, 또는 데이터 제공장치 1, 인터넷상의 서버, 또는, 소위 개인용 컴퓨터 통신의 센터국 등을 통하여 데이터의 교환을 함으로써 대전(對戰)할 수 있도록 되어있다.

보조 기억장치 127은, 예를 들면, 디스크 드라이브 등에 의해, 기록매체 3에 기억되어있는 정보(프로그램, 데이터)를 재생하도록 되어있다. 입력 디바이스용 I/F 128은, 각 종의 입력을 주기 위한 제어 패드(pad) 128A 및 다른 장치에 의하여 재생된 화상 또는 음성 등의 외부입력을 받아들이기 위한 인터페이스 128B 또는 128C 등으로 구성되고, 외부로부터의 입력에 따른 신호를 서브버스 102상으로 출력하도록 되어있다. 사운드 메모리 129는 음성 데이터(오디오 데이터)를 기억하고 있다.

또한, 도 3의 사용자 단말 4에 있어서, 수신/재생장치 21은 도 44의 ATM 통신부 126 및 보조 기억장치 127에, 분할용 데이터 베이스 22는 도 44의 메인 메모리 112에, 기하학적 처리부 23은 도 44의 GTE 117에, 분할 처리부 24 및 렌더링부 25는 도 44의 GPU 115에, 텍스쳐 데이터 베이스 27은 도 45의 텍스쳐 메모리 143에, 입력부 28은 도 44의 제어 패드 128A에 각각 대응한다.

이상에서와 같이 구성되는 게임기 본체에 있어서는, 장치의 전원이 온으로 되면, 메인 CPU 111에서, 부팅 프로그램이 ROM 124로부터 읽어들여져 실행됨으로써, ATM 통신부 126에 의하여, 전송매체 2를 통하여 프로그램 및 데이터가 수신되고, 또는 보조 기억장치 127에 의하여, 기록매체 3으로부터 프로그램 및 데이터가 읽어들여지며, 메인 메모리 112 및 서브 메모리 122로 전개된다. 또한, 메인 CPU 111 또는 서브 CPU 121 각각에 있어서, 메인 메모리 112 또는 서브 메모리 122로 전개된 프로그램이 실행됨으로써, 게임의 화상(여기서는 동화상으로 한다), 음성이 재생된다.

즉, 예를 들면, 메인 CPU 111에 있어서, 메인 메모리 112에 기억된 분할용 폴리곤 데이터에 대하여 기하학적 처리가 수행되고, 메인버스 101을 통하여 GPU 115로 공급된다.

GPU 115는, 메인 CPU 111로부터 분할용 폴리곤 데이터를 수신하면, 미세 분할처리를 수행하고, 서브 폴리곤으로 분할한다. 또한, GPU 115는 서브 폴리곤을 투시변환하고, 그 변환 후의 서브 폴리곤을 Z버퍼 142를 사용하여 프레임 메모리 141에 묘화한다. 프레임 메모리 141에 대한 묘화 결과는 GPU 115에서 알맞게 읽어들여지고 비디오 신호로서 출력된다. 이것에 의해, 게임을 위한 3차원 화상이, 2차원 출력장치로서의, 예를 들면, 표시부 26(도 3)에 표시된다.

한편, 서브 CPU 121에서는 서브 메모리 122에 기억된 데이터에 따라서 음성의 생성을 지시하는 사운드 명령이 생성된다. 이러한 사운드 명령은 패킷화되고 서브버스 102를 통하여 SPU 125로 공급된다. SPU 125는 서브 CPU 121로부터의 사운드 명령에 따라서 사운드 메모리 129로부터 음성 데이터를 읽어들여 출력한다. 이것에 의해, 게임의 BGM(Background Music) 및 그 이외의 음성이 출력된다.

이상에서와 같이, 폴리곤의 정점의 좌표 및 그 정점에서의 보간용 벡터로부터, 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선을 구하고, 그 보간선상에 있는 보간점을 서브 폴리곤의 정점으로서 구하도록 했기 때문에, 어떤 정도의 대략적인 폴리곤에 대한 데이터를 주기만 함으로써 매끄러운 3차원 형상을 실현할 수 있다.

또한, 매끄러운 3차원 형상을 대략적인 폴리곤에 대한 데이터, 즉, 작은 데이터로서 실현할 수 있기 때문에, 예를 들면, 인터넷상에 구축되어 있는 WWW(World Wide Web) 등에서 3차원 화상을 제공하는 경우에, 데이터의 보존 및 전송의 효율화를 얻을 수 있다. 즉, 분할용 폴리곤 데이터는 전송매체 2 또는 기록매체 3으로서, 비교적 용량이 작은 것을 사용하여 사용자 단말 4에 제공할 수 있다.

또한, 예를 들면, 3차원 화상의 실시간 표시가 중요한 비디오 게임기 또는 그 이외의 그래픽 시스템은, 처리효율의 관점으로부터 관점에 근접한 3차원 형상을 미세하게 표시하는 동시에, 관점으로부터 먼 3차원 형상을 대략적으로 표시하고, 필요한 최소한의 폴리곤을 처리하는 것이 수행된다. 그 경우, 3차원 형상을 어느 정도 미세하게 하는가(또는 대략적으로 하는가)라고 말하는 3차원 형상의 미세함(대략적인 정도)의 레벨은 LOD(Level of Detail)라고 불리어 지고, 미세 분할처리를 수행하는 경우의 폴리곤의 분할 수를 LOD에 따라서 결정하도록 함으로써, 적절한 미세함(대략적인 정도)의 3차원 형상의 표시를 수행하는 것이 가능하게 된다.

또한, 폴리곤으로 구성되는 3차원 형상의 확대를 수행하는 경우에, 미세 분할처리를 수행하고, 폴리곤을 확대율에 따른 수의 서브 폴리곤으로 분할함으로써, 확대에 의해, 3차원 형상이 대략적으로 되는 것을 방지하는 것이 가능하게 된다. 즉, 이런 경우, 확대율에 따르지 않고, 일정의 매끄러운 정도의 3차원 형상을 제공하는 것도 가능하게 된다.

또한, 분할용 폴리곤 데이터 생성처리에 따라서 얻어지는 분할용 폴리곤 데이터는 종래부터 3차원 화상의 표시에 사용되고 있는 폴리곤의 정점의 좌표 및 각 정점에서의 법선벡터(곡면보간용 법선벡터는, 종래, 정점에 주어져 있는 법선벡터에 일치한다)를 포함하기 때문에, 미세 분할처리를 수행할 수 없으며 종래부터 있는 저속의 비디오 게임기 또는 그 외의 다른 그래픽 시스템에서도 취급되는 것이 가능하고, 대략적으로는 되지만, 3차원 형상을 표시할 수 있다.

또한, 분할용 폴리곤 데이터는 데이터 량이 작기 때문에, 미세 분할처리를 수행하기 전에, 3차원 형상의 변형 또는 회전을 위한 기하학적 처리, 또는, 투시변환을 위한 Z값에 의한 나누기(투시(perspective) 나누기)의 전까지의 처리를 수행하고, 미세 분할처리 후에 얻어지는 서브 폴리곤에 대하여, 투시변환을 위한 Z값에 의한 나누기를 수행하도록 함으로써, 기하학적 처리 등에서의 계산량을 작게 할 수 있다.

또한, 본 실시형태에서, 보간선은, 그 보간선이 보간하는 2개의 점을 지나는 원 또는 원호와 같게 되는 것이 이상적이라고 하고, 그와 같은 보간선을 구하도록 했기 때문에, 예를 들면, 스플라인 곡면 또는 베지어 곡면 등에 의해 구 또는 회전체 등을 표현하는 경우와 비교하여, 작은 데이터로서 구 또는 회전체 등을 구성하는 폴리곤을 표현할 수 있다.

이상, 본 발명을 적용한 데이터 제공 시스템 또는 비디오 게임기에 대하여 설명했지만, 본 발명은, 그 이외에도, 화상에 특수효과를 주는 이펙터(effector) 또는 CAD 등의 컴퓨터 그래픽 처리를 수행하는 장치 등에도 적용 가능하다. 또한, 본 발명은, 예를 들면, 비디오 카메라 등으로 촬영한 자연화상을 부호화하여 기록 재생하고, 또는 송수신하는 기록재생장치 또는 전송매체 등에도 적용 가능하다. 즉, 분할용 폴리곤 데이터 생성처리는 비디오 카메라 등으로 촬영한 자연화상을 폴리곤으로 표현하도록 하는 부호화 처리에 적용할 수 있고, 미세 분할처리는 그와 같은 부호화에 따라서 얻어지는 분할용 폴리곤 데이터를 본래의 자연화상으로 해독하는 해독처리에 적용할 수 있다.

또한, 본 발명은 동화상 및 정지화상의 어느 것의 묘화에도 적용 가능하다.

또한, 본 실시형태에서, 3차원 그래픽을 대상으로 했지만, 본 발명은, 그외에도, 예를 들면, 2차원 그래픽에도 적용 가능하다. 즉, 본 발명에 따르면, 예를 들면, 원 또는 타원의 원호를 형성할 수 있도록 하는 몇 개의 점(적어도 2개)과, 그들 점에서의 보간용 벡터를 주기만 함으로써, 원 또는 타원의 작도(作圖)를 용이하게 수행할 수 있다. 또한, 이런 경우에 얻어지는 곡선의 곡율은, 도 10 내지 도 13으로부터 이해되는 바와 같이, 매끄럽게 변화하기 때문에, 곡선으로서도 매끄럽게 변화하는 것을 얻을 수 있다.

또한, 미세 분할처리에 따른 폴리곤의 분할 수는, 위에서 설명한 바와 같이, LOD 또는 확대율에 따라서 결정되는 것이외에도, 예를 들면, 미세 분할처리를 수행하는 하드웨어의 처리능력에 따라서 결정되기도 하고, 또는, 난수(亂手)를 사용하여 무작위로 결정하기도 하는 것이 가능하다. 폴리곤의 분할 수를 미세 분할처리를 수행하는 하드웨어의 처리능력에 따라서 결정하는 경우에, 그 처리능력에 적합한 매끄러운 3차원 형상을 표시할 수 있다. 한편, 폴리곤의 분할 수를 무작위로 결정하는 경우에는, 3차원 형상의 표면으로 나타내는 모양(폴리곤들끼리의 경계선에 따라서 구성되는 모양)을 무작위로 변화하게 할 수 있다.

또한, 본 실시형태에서는, 보간선은, 그 보간선이 보간하는 2개의 점을 지나는 원 또는 타원의 원호와 같게 되는 것이 이상적이라고 하고, 그와 같은 보간선을 구하도록 했지만, 보간선은 그와 같은 것에 한정되는 것이 아니다. 즉, 보간선으로서는, 예를 들면, 그 보간선이 보간하는 2개의 점을 지나며 실현하고자 하는 3차원 형상에 따른 곡선(테두리선)과의 자승오차(square error)가 최소로 되도록 하는 것을 구하도록 하여도 바람직하다.

또한, 본 실시형태에서는, cosΘ'를 식(10)에 도시된 바와 같이 근사하도록 했지만, cosΘ'는, 그와 같은 근사를 수행하지 않고, 정확하게 구하도록 하는 것도 가능하다. 또한, 본 실시형태에서는, Θ_1, Θ_2로부터 3차 베지어 곡선의 제어변 길이비 L_1/K, L_2/K를 계산에 의해 구하도록 했지만, 그 계산을 고속화하기 위하여, (Θ_1,Θ_2)로부터 $(L_1/K, L_2/K)$로의 이산(離散)화 된 대응표를 작성하여 두고, 그 대응표를 사용하여 L_1/K, L_2/K를 구하는 것도 가능하다.

또한, 본 실시형태에서는, 보간선으로서 3차 베지어 곡선를 채용했지만, 보간선은 3차이외의 베지어 곡선이어도 바람직하고, 베지어 곡선이외의 파라메트릭 (parametric) 곡선이어도 바람직하다.

또한, 미세 분할처리에 의해 얻어지는 서브 폴리곤으로 구성되는 3차원 형상이 임의의 형상으로서 상관 없는 경우에 있어서, 보간용 벡터로서는, 테두리선 보간용 법선벡터는 필요 없고, 곡면보간용 법선벡터만으로 충분하다.

또한, 본 실시형태에서, 정점에서의 테두리선 방향을 나타내는 벡터로서 테두리선의 법선벡터를 채용했지만, 정점에서의 테두리선 방향을 나타내는 벡터로서는, 예를 들면, 위에서 설명한 바와 같이, 테두리선의 접선벡터를 채용하는 것도 가능하다. 다만, 이러한 접선벡터는 테두리선의 법선벡터와 90도만큼 방향이 다르기 때문에, 곡면보간용 법선벡터와도 다른 것이 많고, 도 20의 단계 S18에서, 하나의 벡터로 통합되지 않는 것이 많게 되기 때문에, 분할량 폴리곤 데이터의 데이터량이 증가하는 것으로 된다.

또한, 사용자 단말 4에 대하여는, 위에서 설명한 바와 같은 미세 분할처리를 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램을, 분할용 폴리곤 데이터와 함께, 전송매체 2 또는 기록매체 3을 통하여 제공할 수 있다. 동일한 형태로, 데이터 제공장치 1에 대하여도 미세 분할처리 또는 분할용 폴리곤 데이터 생성처리를 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램을 광 디스크 또는 광자기 디스크, 그외의 다른 기록매체를 통하여 제공하기도 하고, 인터넷 또는 위성 회선, 그외의 다른 전송매체를 통하여 제공하는 것도 가능하다.

또한, 분할용 폴리곤 데이터 생성처리 또는 미세 분할처리는, 컴퓨터 프로그램을 프로세서로 실행하도록 함으로써 수행하는 것외에도, 그 전용의 하드웨어로 수행하도록 하는 것도 가능하다.

또한, 본 실시형태에서는, 3차원 화상을 CRT 또는 액정 디스플레이 등의 표시부 16(표시부 26)에 표시하도록 했지만, 본 발명은, 그외에도, 예를 들면, 3차원 화상을 프린터(2차원 출력장치)에 의하여 인쇄하는 경우 등에도 적용 가능하다.

또한, 본 실시형태에서는, 3차원 화상을 CRT 또는 액정 디스플레이 등의 표시부 16(표시부 26)에 표시하도록 했지만, 본 발명은, 그외에도, 예를 들면, 3차원 화상을 프린터(2차원 출력장치)에 의하여 인쇄하는 경우 등에도 적용 가능하다.

청구항 1항에 따른 화상처리장치 및 청구항 25항에 따른 화상처리 방법, 및 청구항 49항에 따른 프로그램 기록매체에 따르면, 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점과의 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용하는 보간용 벡터, 및 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선이 구해지고, 보간선상의 점인 보간점이 서브 단위도형의 정점으로서 구해진다. 따라서, 대략적인 단위도형으로부터, 예를 들면, 매끄러운 형상을 구성하는 서브 단위도형을 얻는 것이 가능하게 된다.

청구항 74항에 따른 화상처리장치 및 청구항 91항에 따른 화상처리방법, 및 청구항 108항에 따른 프로그램기록매체에 따르면, 조작수단이 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점과의 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용하는 보간용 벡터가 생성된다. 따라서 그 보간용 벡터를 사용함으로써, 예를 들면, 매끄러운 형상을 구성하는 것이 가능하게 된다.

청구항 125항에 따른 데이터 기록매체에 따르면, 단위도형이 입력된 경우에, 그 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점과의 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용하는 보간용 벡터를 생성함으로써 얻어지는 정점에서의 보간용 벡터, 및 정점의 좌표가 화상에 대한 데이터로서 적어도 제공된다. 따라서, 그 보간용 벡터 및 정점의 좌표를 사용함으로써, 예를 들면, 매끄러운 형상을 구성하는 것이 가능하게 된다.

청구항 133항에 따른 화상처리장치에 따르면, 조작수단에 조작됨으로써 입력된 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점과의 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용하는 보간용 벡터가 생성된다. 또한, 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터로부터 보간선이 구해지고, 보간선상의 점인 보간점이 서브 단위도형의 정점으로서 구해진다. 따라서, 대략적인 단위도형으로부터, 예를 들면, 매끄러운 형상을 구성하는 서브 단위도형을 얻는 것이 가능하게 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리함으로써, 상기 단위도형을 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 화상처리장치로서,

상기 단위도형의 정점에서의 그 정점(頂点)과 다른 정점 사이를 보간(inter-polation)하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 상기 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출수단;

상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 단위도형이 제 1정점 내지 제 4정점을 갖고, 상기 제 1정점과 제 2정점을 잇는 선분과, 상기 제 3정점과 제 4정점을 잇는 선분이 대향하는 동시에, 상기 제 1정점과 제 3정점을 잇는 선분과, 상기 제 2정점과 제 4정점을 잇는 선분이 대향하는 경우에 있어서,

상기 보간선 산출수단은, 상기 제 1정점과 제 2정점 사이를 보간하는 제 1보간선, 상기 제 3정점과 제 4정점을 보간하는 제 2보간선, 상기 제 1정점과 제 3정점 사이를 보간하는 제 3보간선, 및 상기 제 2정점과 제 4정점을 보간하는 제 4보간선을 구하고, 또한, 상기 제 1보간선상의 보간점과 상기 제 2보간선상의 보간점 사이를 보간하는 제 5보간선도 구하며,

상기 보간점 산출수단은 상기 제 1보간선 내지 제 5보간선상의 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 3.

제 2항에 있어서, 상기 제 1보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 제 1정점 및 제 2정점에서의 상기 보간용 벡터로부터 구하는 동시에, 상기 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 제 3정점 및 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출수단을 추가로 포함하고,

상기 보간선 산출수단은, 상기 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터 및 그 보간점의 좌표로부터 상기 제 5의 보간선을 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 4.

제 3항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선(法線) 방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 5.

제 3항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 제 1정점 내지 제 4정점을 지나는 상기 보간선 각각의 상기 제 1정점 내지 제 4정점에서의 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 6.

제 4항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 제 1정점 내지 제 4정점을 지나는 상기 보간선 각각의 상기 제 1정점 내지 제 4정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 7.

제 6항에 있어서, 상기 보간선 산출수단은 상기 제 1보간선 내지 제 4보간선을 상기 보간선 방향벡터를 이용하여 구하고,

상기 보간용 벡터 산출수단은 상기 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 법선벡터를 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 8.

제 2항에 있어서, 상기 제 1정점 및 제 2정점, 제 3정점 및 제 4정점, 상기 제 1정점 및 제 3정점, 또는 상기 제 2정점 및 제 4정점 중에서 어느 한 세트의 정점이 동일한 정점인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 9.

제 1항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 10.

제 9항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 11.

제 1항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 12.

제 11항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 13.

제 11항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 14.

제 1항에 있어서, 상기 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 상기 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 15.

제 14항에 있어서, 하나의 정점과 다른 정점 사이의 상기 보간점과, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점 각각과의 거리에 대응하는 값들끼리의 비를 t:1-t 라고 하는 경우,

상기 보간용 벡터 산출수단은 상기 하나의 정점에서의 보간용 벡터의 (1-t)배와 상기 다른 정점에서의 보간용 벡터의 t배의 가산값에 대응하는 값을 상기 보간점에서의 보간용 벡터로서 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 16.

제 15항에 있어서, 상기 보간용 벡터 산출수단에 의하여 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 17.

제 16항에 있어서, 상기 보정수단은, 상기 보간용 벡터 산출수단에 의하여 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터와 상기 보간점에서의 상기 보간선의 접선 방향의 접선벡터의 외적(vector product)을 구하고, 그 외적과 상기 접선벡터와의 외적을 구하며, 그 결과 얻어지는 벡터를 상기 보간점에서의 보정 후의 보간용 벡터로 하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 18.

제 17항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 서브 단위도형을 렌더링(rendering)하는 렌더링수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 19.

제 18항에 있어서, 상기 렌더링수단은 상기 보정 후의 보간용 벡터에 기초하여 섀이딩(shading)을 수행하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 20.

제 1항에 있어서, 상기 보간선은 베지어(Bezier) 곡선인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 21.

제 20항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 보간선 산출수단은,

상기 베지어 곡선인 상기 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 상기 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출수단;

상기 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 상기 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출수단; 및

상기 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 상기 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 상기 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 상기 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 22.

제 1항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 기록매체에 기록되어 있는 경우에, 그 기록매체로부터 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 재생하는 재생수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 23.

제 1항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 전송로를 통하여 전송되어 오는 경우에, 그 전송로를 통하여 전송되어 오는 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 수신하는 수신수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 24.

제 1항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고,

소정의 입력을 주는 경우에 조작되는 조작수단;

상기 단위도형에 관한 데이터를 기록매체로부터 읽어들이고, 그 데이터에 대하여 상기 조작수단으로부터의 입력에 대응하는 기하학적(geometry) 처리를 수행하는 기하학적 처리수단;

상기 기하학적 처리 후의 상기 단위도형을 분할하여 얻어지는 상기 서브 단위도형을 2차원 출력장치의 좌표계의 서브 단위도형으로 변환하는 변환수단; 및

상기 변환수단에 의하여 변환된 상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링수단;을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 25.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리함으로써, 상기 단위도형을 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 화상처리방법으로서,

상기 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 상기 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출단계;

상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 26.

제 25항에 있어서, 상기 단위도형이 제 1정점 내지 제 4정점을 갖고, 상기 제 1정점과 제 2정점을 잇는 선분과, 상기 제 3정점과 제 4정점을 잇는 선분이 대향하는 동시에, 상기 제 1정점과 제 3정점을 잇는 선분과, 상기 제 2정점과 제 4정점을 잇는 선분이 대향하는 경우에 있어서,

상기 보간선 산출단계에 있어서, 상기 제 1정점과 제 2정점 사이를 보간하는 제 1보간선, 상기 제 3정점과 제 4정점을 보간하는 제 2보간선, 상기 제 1정점과 제 3정점 사이를 보간하는 제 3보간선, 및 상기 제 2정점과 제 4정점을 보간하는 제 4보간선을 구하고, 또한, 상기 제 1보간선상의 보간점과 상기 제 2보간선상의 보간점 사이를 보간하는 제 5보간선도 구하며,

상기 보간점 산출단계에 있어서, 상기 제 1보간선 내지 제 5보간선상의 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 27.

제 26항에 있어서, 상기 제 1보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 제 1정점 및 제 2정점에서의 상기 보간용 벡터로부터 구하는 동시에, 상기 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 제 3정점 및 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출단계를 추가로 포함하고,

상기 보간선 산출단계에 있어서, 상기 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터 및 그 보간점의 좌표로부터 상기 제 5의 보간선을 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 28.

제 27항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 29.

제 27항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 제 1정점 내지 제 4정점을 지나는 상기 보간선 각각의 상기 제 1정점 내지 제 4정점에서의 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 30.

제 28항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 제 1정점 내지 제 4정점을 지나는 상기 보간선 각각의 상기 제 1정점 내지 제 4정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 31.

제 30항에 있어서, 상기 보간선 산출단계에서, 상기 제 1보간선 내지 제 4보간선을 상기 보간선 방향벡터를 이용하여 구하고,

상기 보간용 벡터 산출단계에 있어서, 상기 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 법선벡터를 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 32.

제 26항에 있어서, 상기 제 1정점 및 제 2정점, 제 3정점 및 제 4정점, 상기 제 1정점 및 제 3정점, 또는 상기 제 2정점 및 제 4정점 중에서 어느 한 세트의 정점이 동일한 정점인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 33.

제 25항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 34.

제 33항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 35.

제 25항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 36.

제 35항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 37.

제 35항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 38.

제 25항에 있어서, 상기 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 상기 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 39.

제 38항에 있어서, 하나의 정점과 다른 정점 사이의 상기 보간점과, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점 각각과의 거리에 대응하는 값들끼리의 비를 t:1-t 라고 하는 경우,

상기 보간용 벡터 산출단계에 있어서, 상기 하나의 정점에서의 보간용 벡터의 (1-t)배와 상기 다른 정점에서의 보간용 벡터의 t배의 가산값에 대응하는 값을 상기 보간점에서의 보간용 벡터로서 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 40.

제 39항에 있어서, 상기 보간용 벡터 산출단계에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 41.

제 40항에 있어서, 상기 보정단계에서, 상기 보간용 벡터 산출단계에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터와 상기 보간점에서의 상기 보간선의 접선 방향의 접선벡터의 외적을 구하고, 그 외적과 상기 접선벡터와의 외적을 구하며, 그 결과 얻어지는 벡터를 상기 보간점에서의 보정 후의 보간용 벡터로 하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 42.

제 41항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 43.

제 42항에 있어서, 상기 렌더링단계에서, 상기 보정 후의 보간용 벡터에 기초하여 섀이딩을 수행하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 44.

제 25항에 있어서, 상기 보간선은 베지어 곡선인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 45.

제 44항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 보간선 산출단계는,

상기 베지어 곡선인 상기 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 상기 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출단계;

상기 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 상기 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출단계; 및

상기 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 상기 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 상기 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 상기 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 46.

제 25항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 기록매체에 기록되어 있는 경우에, 그 기록매체로부터 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 재생하는 재생단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 47.

제 25항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 전송로를 통하여 전송되어 오는 경우에, 그 전송로를 통하여 전송되어 오는 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 수신하는 수신단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 48.

제 25항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 화상처리장치는 소정의 입력을 주는 경우에 조작되는 조작수단을 포함하며,

상기 단위도형에 관한 데이터를 기록매체로부터 읽어들이고, 그 데이터에 대하여 상기 조작수단으로부터의 입력에 대응하는 기하학적 처리를 수행하는 기하학적 처리단계;

상기 기하학적 처리 후의 상기 단위도형을 분할하여 얻어지는 상기 서브 단위도형을 2차원 출력장치의 좌표계의 서브 단위도형으로 변환하는 변환단계; 및

상기 변환단계에서 변환된 상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링단계;를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 49.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리함으로써, 상기 단위도형을 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 처리를 컴퓨터가 수행하게 하기 위한 컴퓨터 프로그램을 제공하는 기록매체로서,

상기 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터, 및 상기 정점의 좌표로부터 2개의 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는 보간선 산출단계;

상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출단계;

를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 50.

제 49항에 있어서, 상기 단위도형이 제 1정점 내지 제 4정점을 갖고, 상기 제 1정점과 제 2정점을 잇는 선분과, 상기 제 3정점과 제 4정점을 잇는 선분이 대향하는 동시에, 상기 제 1정점과 제 3정점을 잇는 선분과, 상기 제 2정점과 제 4정점을 잇는 선분이 대향하는 경우에 있어서,

상기 보간선 산출단계에 있어서, 상기 제 1정점과 제 2정점 사이를 보간하는 제 1보간선, 상기 제 3정점과 제 4정점을 보간하는 제 2보간선, 상기 제 1정점과 제 3정점 사이를 보간하는 제 3보간선, 및 상기 제 2정점과 제 4정점을 보간하는 제 4보간선을 구하고, 또한, 상기 제 1보간선상의 보간점과 상기 제 2보간선상의 보간점 사이를 보간하는 제 5보간선도 구하며,

상기 보간점 산출단계에 있어서, 상기 제 1보간선 내지 제 5보간선상의 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 51.

제 50항에 있어서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 상기 제 1보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 제 1정점 및 제 2정점에서의 상기 보간용 벡터로부터 구하는 동시에, 상기 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 제 3정점 및 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출단계를 추가로 포함하고,

상기 보간선 산출단계에 있어서, 상기 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터 및 그 보간점의 좌표로부터 상기 제 5의 보간선을 구하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 52.

제 51항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 53.

제 51항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 제 1정점 내지 제 4정점을 지나는 상기 보간선 각각의 상기 제 1정점 내지 제 4정점에서의 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 54.

제 52항에 있어서, 상기 단위도형의 제 1정점 내지 제 4정점에서의 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 제 1정점 내지 제 4정점을 지나는 상기 보간선 각각의 상기 제 1정점 내지 제 4정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 55.

제 54항에 있어서, 상기 보간선 산출단계에서, 상기 제 1보간선 내지 제 4보간선을 상기 보간선 방향벡터를 이용하여 구하고,

상기 보간용 벡터 산출단계에 있어서, 상기 제 1보간선 및 제 2보간선상의 보간점에서의 상기 보간용 벡터를 상기 법선벡터를 이용하여 구하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 56.

제 50항에 있어서, 상기 제 1정점 및 제 2정점, 제 3정점 및 제 4정점, 상기 제 1정점 및 제 3정점, 또는 상기 제 2정점 및 제 4정점 중에서 어느 한 세트의 정점이 동일한 정점인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 57.

제 49항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 58.

제 57항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 59.

제 49항에 있어서, 상기 단위도형의 정점에서의 상기 보간용 벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 60.

제 59항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 61.

제 59항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 62.

제 49항에 있어서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 상기 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를, 상기 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 63.

제 62항에 있어서, 하나의 정점과 다른 정점 사이의 상기 보간점과, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점 각각과의 거리에 대응하는 값들끼리의 비를 t:1-t 라고 하는 경우,

상기 보간용 벡터 산출단계에 있어서, 상기 하나의 정점에서의 보간용 벡터의 (1-t)배와 상기 다른 정점에서의 보간용 벡터의 t배의 가산값에 대응하는 값을 상기 보간점에서의 보간용 벡터로서 구하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 64.

제 63항에 있어서, 상기 컴퓨터 프로그램은 상기 보간용 벡터 산출단계에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 65.

제 64항에 있어서, 상기 보정단계에서, 상기 보간용 벡터 산출단계에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터와 상기 보간점에서의 상기 보간선의 접선 방향의 접선벡터의 외적을 구하고, 그 외적과 상기 접선벡터와의 외적을 구하며, 그 결과 얻어지는 벡터를 상기 보간점에서의 보정 후의 보간용 벡터로 하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 66.

제 65항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 컴퓨터 프로그램은 상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 67.

제 66항에 있어서, 상기 렌더링단계에서, 상기 보정 후의 보간용 벡터에 기초하여 섀이딩을 수행하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 68.

제 49항에 있어서, 상기 보간선은 베지어 곡선인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 69.

제68항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 보간선 산출단계는,

상기 베지어 곡선인 상기 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 상기 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출단계;

상기 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 상기 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출단계; 및

상기 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 상기 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 상기 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 상기 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 70.

제 49항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 기록매체에 기록되어 있는 경우에, 상기 컴퓨터 프로그램은 상기 기록매체로부터 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 재생하는 재생단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 71.

제 49항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터가 전송로를 통하여 전송되어 오는 경우에, 상기 컴퓨터 프로그램은 전송로를 통하여 전송되어 오는 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 수신하는 수신단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 72.

제 49항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 컴퓨터는 소정의 입력을 주는 경우에 조작되는 조작수단을 포함하며, 상기 컴퓨터 프로그램은,

상기 단위도형에 관한 데이터를 기록매체로부터 읽어들이고, 그 데이터에 대하여 상기 조작수단으로부터의 입력에 대응하는 기하학적 처리를 수행하는 기하학적 처리단계;

상기 기하학적 처리 후의 상기 단위도형을 분할하여 얻어지는 상기 서브 단위도형을 2차원 출력장치의 좌표계의 서브 단위도형으로 변환하는 변환단계; 및

상기 변환단계에서 변환된 상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링단계;를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 73.

제 49항에 있어서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터도 제공하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 74.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리하는 화상처리장치로서,

상기 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단;

상기 조작수단이 조작됨으로써 입력된 상기 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성수단; 및

상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 제공하기 위한 제공수단;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 75.

제 74항에 있어서, 상기 제공수단은 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 기록매체에 기록함으로써 제공하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 76.

제 74항에 있어서, 상기 제공수단은 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 전송로를 통하여 전송함으로써 제공하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 77.

제 74항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성수단은 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터를 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 78.

제 77항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성수단은, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 79.

제 74항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성수단은 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터를 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 80.

제 79항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 81.

제 79항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 82.

제 74항에 있어서, 상기 단위도형을, 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터에 기초하여, 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 분할수단; 및

상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링수단;

을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 83.

제 82항에 있어서, 상기 분할수단은,

상기 정점의 좌표 및 상기 보간용 벡터에 기초하여 상기 보간선을 구하는 보간선 산출수단; 및

상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 84.

제 83항에 있어서, 상기 분할수단은, 상기 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 상기 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 85.

제 84항에 있어서, 하나의 정점과 다른 정점 사이의 상기 보간점과, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점 각각과의 거리에 대응하는 값들끼리의 비를 t:1-t 라고 하는 경우,

상기 보간용 벡터 산출수단은 상기 하나의 정점에서의 보간용 벡터의 (1-t)배와 상기 다른 정점에서의 보간용 벡터의 t배의 가산값에 대응하는 값을 상기 보간점에서의 보간용 벡터로서 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 86.

제 85항에 있어서, 상기 분할수단은 상기 보간용 벡터 산출수단에 의하여 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 87.

제 86항에 있어서, 상기 보정수단은, 상기 보간용 벡터 산출수단에 의하여 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터와 상기 보간점에서의 상기 보간선의 접선 방향의 접선벡터의 외적을 구하고, 그 외적과 상기 접선벡터와의 외적을 구하며, 그 결과 얻어지는 벡터를 상기 보간점에서의 보정 후의 보간용 벡터로 하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 88.

제 87항에 있어서, 상기 렌더링수단은 상기 보정 후의 보간용 벡터에 기초하여 섀이딩을 수행하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 89.

제 83항에 있어서, 상기 보간선은 베지어 곡선인 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 90.

제 89항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 보간선 산출수단은,

상기 베지어 곡선인 상기 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 상기 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출수단;

상기 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 상기 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출수단; 및

상기 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 상기 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 상기 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 상기 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

청구항 91.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리하는 화상처리방법으로서,

상기 화상처리장치는 상기 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단을 포함하고,

상기 조작수단이 조작됨으로써 입력된 상기 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성단계; 및

상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 제공하기 위한 제공단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 92.

제 91항에 있어서, 상기 제공단계에서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 기록매체에 기록함으로써 제공하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 93.

제 91항에 있어서, 상기 제공단계에서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 전송로를 통하여 전송함으로써 제공하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 94.

제 91항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성단계에서, 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터를 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 95.

제 94항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성단계에서, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 96.

제 91항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성단계에서, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터를 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 97.

제 96항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 98.

제 96항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 99.

제 91항에 있어서, 상기 단위도형을, 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터에 기초하여, 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 분할단계; 및

상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링단계;

를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법

청구항 100.

제 99항에 있어서, 상기 분할단계는,

상기 정점의 좌표 및 상기 보간용 벡터에 기초하여 상기 보간선을 구하는 보간선 산출단계; 및

상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 101.

제 100항에 있어서, 상기 분할단계는, 상기 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 상기 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 102.

제 101항에 있어서, 하나의 정점과 다른 정점 사이의 상기 보간점과, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점 각각과의 거리에 대응하는 값들끼리의 비를 t:1-t 라고 하는 경우,

상기 보간용 벡터 산출단계에 있어서, 상기 하나의 정점에서의 보간용 벡터의 (1-t)배와 상기 다른 정점에서의 보간용 벡터의 t배의 가산값에 대응하는 값을 상기 보간점에서의 보간용 벡터로서 구하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 103.

제 102항에 있어서, 상기 분할단계는 상기 보간용 벡터 산출단계에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 104.

제 103항에 있어서, 상기 보정단계에서, 상기 보간용 벡터 산출수단에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터와 상기 보간점에서의 상기 보간선의 접선 방향의 접선벡터의 외적을 구하고, 그 외적과 상기 접선벡터와의 외적을 구하며, 그 결과 얻어지는 벡터를 상기 보간점에서의 보정 후의 보간용 벡터로 하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 105.

제 104항에 있어서, 상기 렌더링단계에서, 상기 보정 후의 보간용 벡터에 기초하여 섀이딩을 수행하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 106.

제 100항에 있어서, 상기 보간선은 베지어 곡선인 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 107.

제 106항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 보간선 산출단계는,

상기 베지어 곡선인 상기 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 상기 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출단계;

상기 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 상기 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출단계; 및

상기 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 상기 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 상기 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 상기 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리방법.

청구항 108.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 컴퓨터가 처리하게 하기 위한 컴퓨터 프로그램을 제공하는 프로그램 기록매체로서,

상기 컴퓨터는 상기 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단을 포함하고,

상기 조작수단이 조작됨으로써 입력된 상기 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성단계; 및

상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 제공하기 위한 제공단계;

를 포함하는 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 109.

제 108항에 있어서, 상기 제공단계에서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 기록매체에 기록함으로써 제공하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 110.

제 108항에 있어서, 상기 제공단계에서, 상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 전송로를 통하여 전송함으로써 제공하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 111.

제 108항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성단계에서, 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터를 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 112.

제 111항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성단계에서, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 113.

제 108항에 있어서, 상기 보간용 벡터 생성단계에서, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터를 상기 보간용 벡터로서 생성하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 114.

제 113항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 115.

제 113항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 116.

제 108항에 있어서, 상기 컴퓨터 프로그램은,

상기 단위도형을, 상기 정점의 좌표 및 보간용 벡터에 기초하여, 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 분할단계; 및

상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링단계;

를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 117.

제 116항에 있어서, 상기 분할단계는,

상기 정점의 좌표 및 상기 보간용 벡터에 기초하여 상기 보간선을 구하는 보간선 산출단계; 및

상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 118.

제 117항에 있어서, 상기 분할단계는, 상기 보간점에서의 그 보간점과 다른 보간점 사이를 보간하는 선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 상기 정점에서의 보간용 벡터로부터 구하는 보간용 벡터 산출단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 119.

제 118항에 있어서, 하나의 정점과 다른 정점 사이의 상기 보간점과, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점 각각과의 거리에 대응하는 값들끼리의 비를 t:1-t 라고 하는 경우,

상기 보간용 벡터 산출단계에 있어서, 상기 하나의 정점에서의 보간용 벡터의 (1-t)배와 상기 다른 정점에서의 보간용 벡터의 t배의 가산값에 대응하는 값을 상기 보간점에서의 보간용 벡터로서 구하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 120.

제 119항에 있어서, 상기 분할단계는 상기 보간용 벡터 산출단계에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터를 보정하는 보정단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 121.

제 120항에 있어서, 상기 보정단계에서, 상기 보간용 벡터 산출수단에서 구해진 상기 보간점에서의 보간용 벡터와 상기 보간점에서의 상기 보간선의 접선 방향의 접선벡터의 외적을 구하고, 그 외적과 상기 접선벡터와의 외적을 구하며, 그 결과 얻어지는 벡터를 상기 보간점에서의 보정 후의 보간용 벡터로 하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 122.

제 121항에 있어서, 상기 렌더링단계에서, 상기 보정 후의 보간용 벡터에 기초하여 섀이딩을 수행하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 123.

제 117항에 있어서, 상기 보간선은 베지어 곡선인 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 124.

제 123항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상이고, 상기 보간선 산출단계는,

상기 베지어 곡선인 상기 보간선이 보간하는 하나의 정점과 다른 정점을 잇는 직선과, 그 직선을 상기 하나의 정점 또는 다른 정점을 포함하는 평면이며 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서의 보간용 벡터에 수직한 평면에 투영한 직선과의 각각이 이루는 제 1각도 또는 제 2각도를 구하는 각도 산출단계;

상기 제 1각도 및 제 2각도에 기초하여, 상기 하나의 정점 또는 다른 정점에서부터 상기 베지어 곡선의 제 1제어점 또는 제 2제어점까지의 거리인 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이를 각각 구하는 거리 산출단계; 및

상기 제 1제어변 길이 또는 제 2제어변 길이에 기초하여, 상기 제 1제어점 또는 제 2제어점을 각각 구함으로써, 상기 하나의 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 보간선으로서의 상기 베지어 곡선을 구하는 베지어 곡선 산출단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램 기록매체.

청구항 125.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상에 대한 데이터를 제공하는 데이터 기록매체로서,

상기 단위도형이 입력되는 경우에, 그 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성함으로써 얻어지는 상기 정점에서의 보간용 벡터, 및 상기 정점의 좌표를 상기 화상에 대한 데이터로서 적어도 제공하는 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 126.

제 125항에 있어서, 상기 보간용 벡터는 상기 단위도형에 의하여 실현하고자 하는 형상의 법선 방향의 법선벡터인 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 127.

제 126항에 있어서, 상기 보간용 벡터에는, 상기 법선벡터이외에도, 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 벡터도 포함되는 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 128.

제 125항에 있어서, 상기 보간용 벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 방향을 나타내는 보간선 방향벡터인 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 129.

제 128항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는, 상기 정점을 포함하는 소정의 평면에 그 정점과 다른 정점을 잇는 선분을 투영한 선이 상기 보간선과 접하는 경우의, 상기 소정의 평면의 법선 방향의 벡터인 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 130.

제 128항에 있어서, 상기 보간선 방향벡터는 상기 보간선의 상기 정점에서의 접선 방향을 나타내는 벡터인 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 131.

제 125항에 있어서, 상기 보간선은 베지어 곡선인 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 132.

제 125항에 있어서, 상기 화상은 3차원 화상인 것을 특징으로 하는 데이터 기록매체.

청구항 133.

단위도형의 조합에 의해 정의되는 화상을 처리하는 화상처리장치로서,

(a)상기 화상에 대한 데이터를 제공하는 제공장치; 및

(b)상기 제공장치로부터 데이터를 제공받으며, 상기 단위도형을 복수의 서브 단위도형으로 분할하는 클라이언트(client)장치;를 포함하고,

(a)상기 제공장치는, ①상기 단위도형을 입력하는 경우에 조작되는 조작수단;

②상기 조작수단이 조작됨으로써 입력된 상기 단위도형의 정점에서의 그 정점과 다른 정점 사이를 보간하는 선인 보간선을 구하는데 사용되는 보간용 벡터를 생성하는 보간용 벡터 생성수단; 및

③상기 단위도형의 정점의 좌표 및 보간용 벡터를 상기 클라이언트 단말에 제공하는 제공수단;을 포함하며,

(b)상기 클라이언트장치는, ①상기 단위도형의 정점의 좌표 및 상기 보간용 벡터로부터 상기 보간선을 구하는 보간선 산출수단;

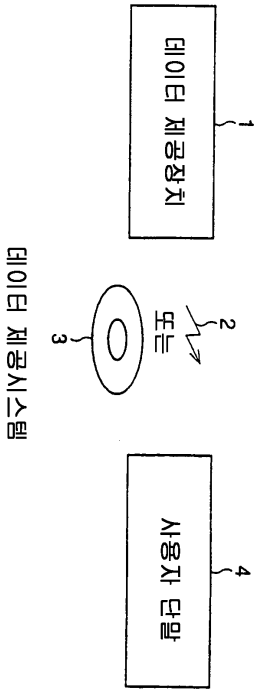
②상기 보간선상의 점인 보간점을 상기 서브 단위도형의 정점으로서 구하는 보간점 산출수단;

③상기 서브 단위도형을 2차원 출력장치의 좌표계의 서브 단위도형으로 변환하는 변환수단; 및

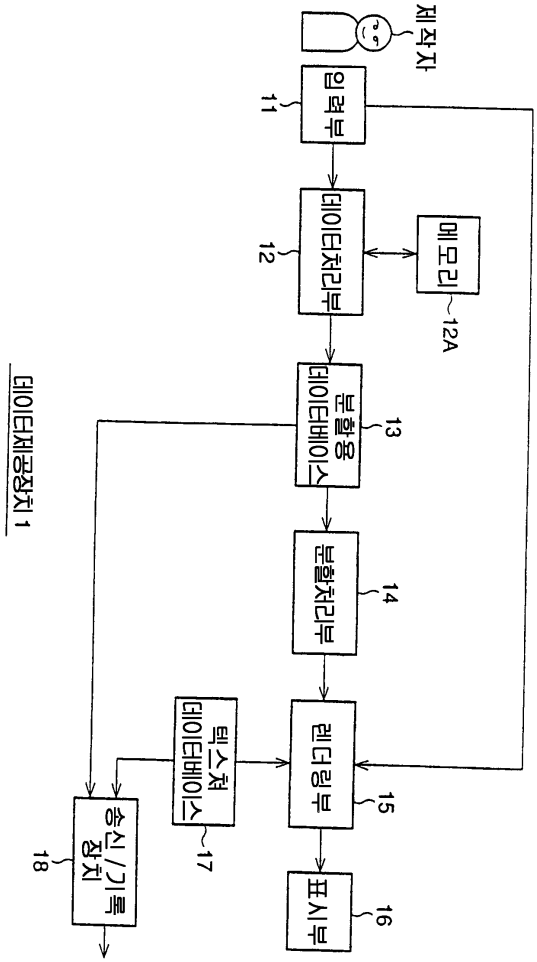
④상기 변환수단에 의하여 변환된 상기 서브 단위도형을 렌더링하는 렌더링수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 화상처리장치.

도면

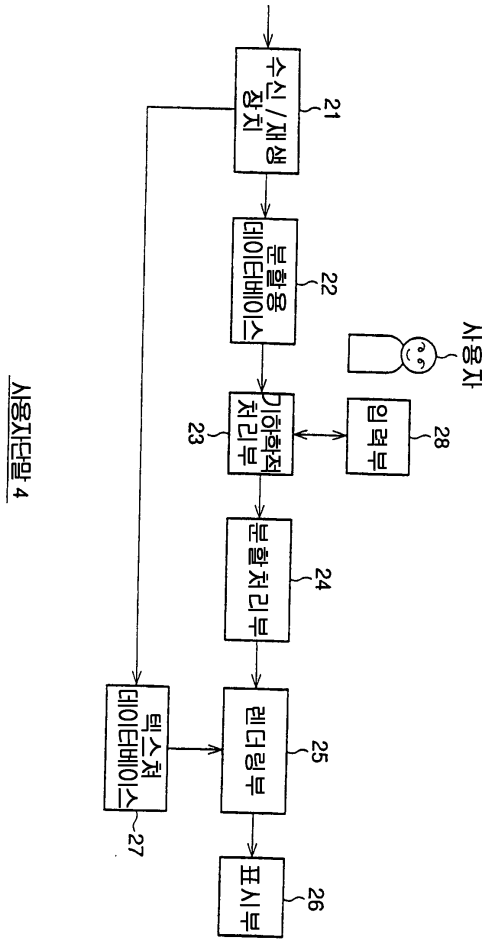
도면1



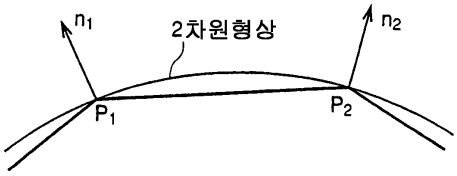
도면2


제작자
입력부
11
데이터처리부
12
메모리
12A
데이터베이스
분할용
13
분할처리부
14
렌더링부
15
표시부
16
텍스쳐
데이터베이스
17
송신/기록
장치
18
데이터제공장치 1

도면3

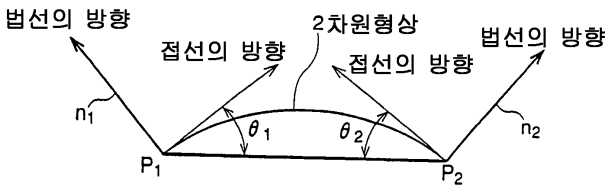


도면4

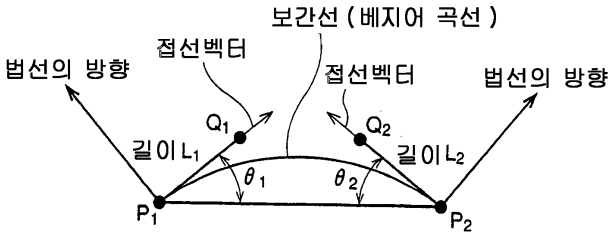


폴리곤과 법선벡터

도면5

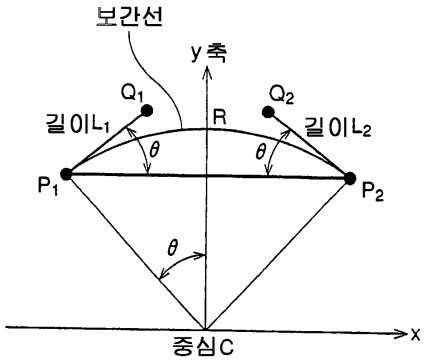


도면6



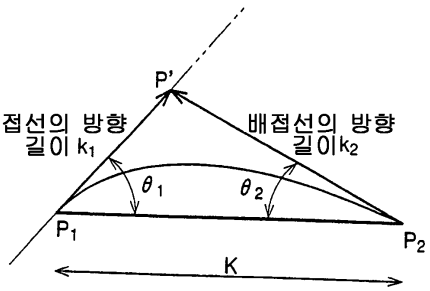
베지어(B'zier)제어점의 정의

도면7

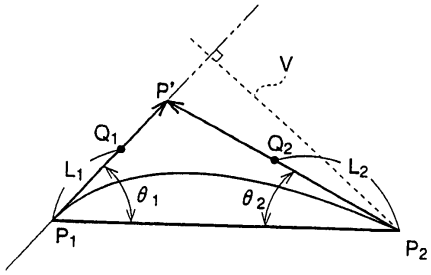


도면8

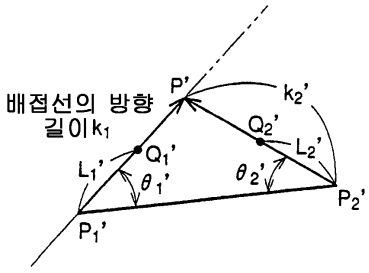
(A)


P'
배접선의 방향
길이 k1
배접선의 방향
길이 k2
θ1
θ2
P1
P2
K

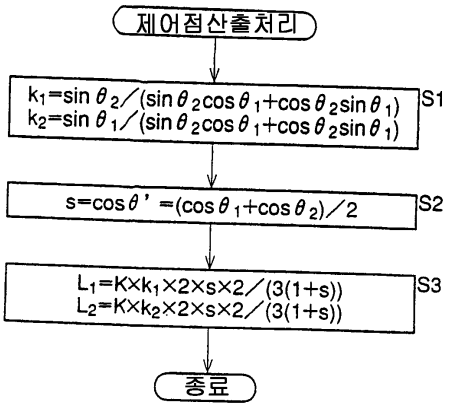
(B)


V
P'
Q1
Q2
L1
L2
θ1
θ2
P1
P2

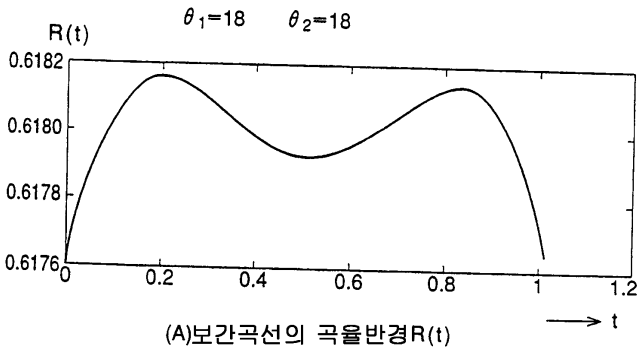
(C)


배접선의 방향
길이 k1
P'
k2'
Q2'
L2'
Q1'
L1'
θ1'
θ2'
P2'
P1'

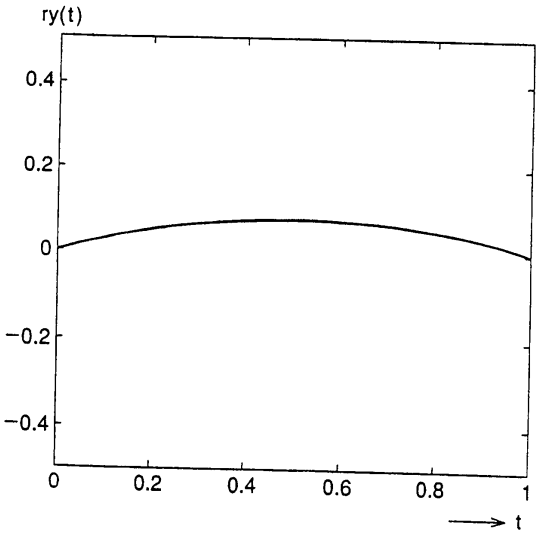
도면9


제어점산출처리
k1=sin θ2/(sin θ2cos θ1+cos θ2sin θ1)
k2=sin θ1/(sin θ2cos θ1+cos θ2sin θ1)
S1
s=cos θ' =(cos θ1+cos θ2)/2
S2
L1=K×k1×2×s×2/(3(1+s))
L2=K×k2×2×s×2/(3(1+s))
S3
종료

도면10

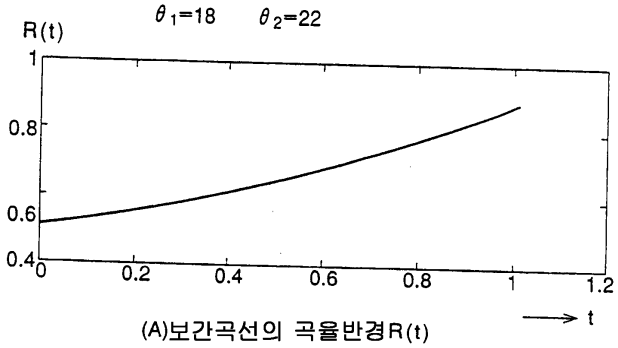


(A)보간곡선의 곡율반경R(t)

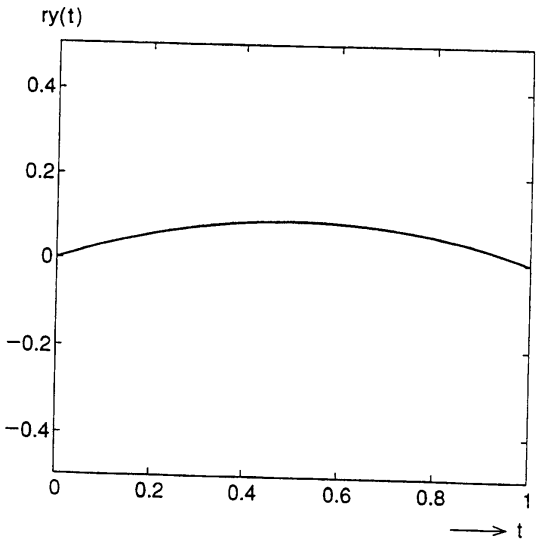


(B)보간곡선의 형상 ry(t)

도면11

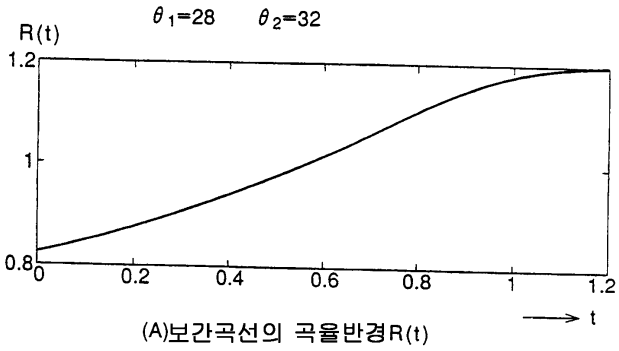


(A)보간곡선의 곡율반경R(t)

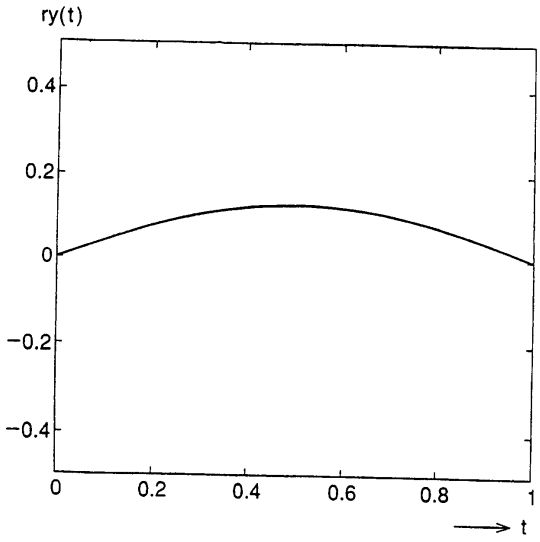


(B)보간곡선의 형상ry(t)

도면12

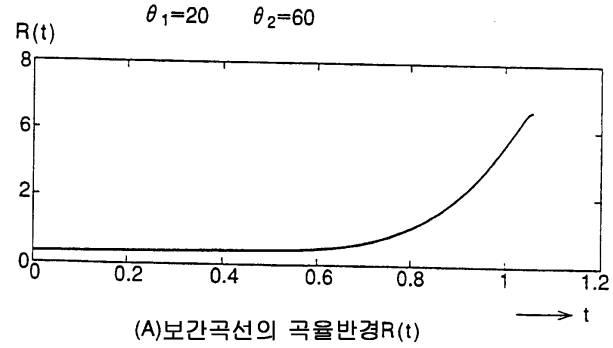


(A)보간곡선의 곡율반경R(t)

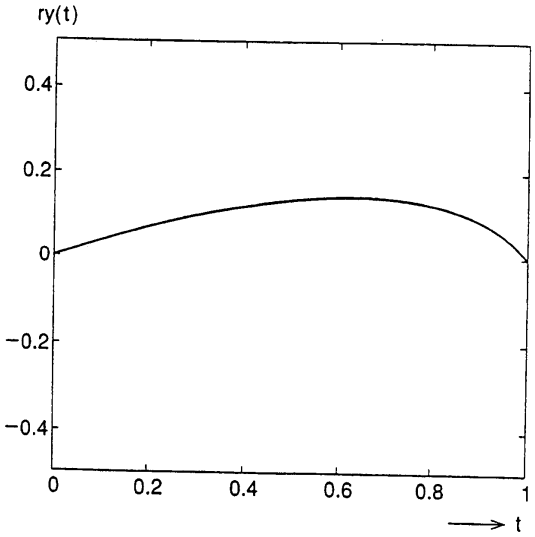


(B)보간곡선의 형상ry(t)

도면13

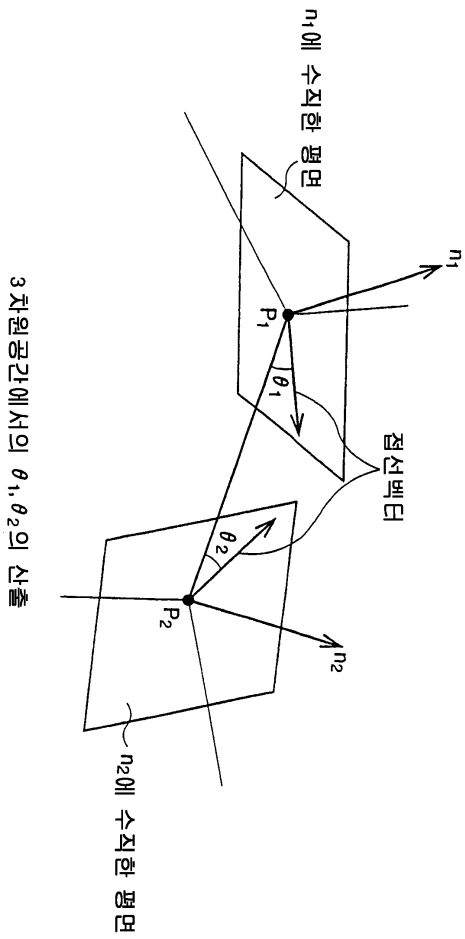


(A)보간곡선의 곡율반경R(t)

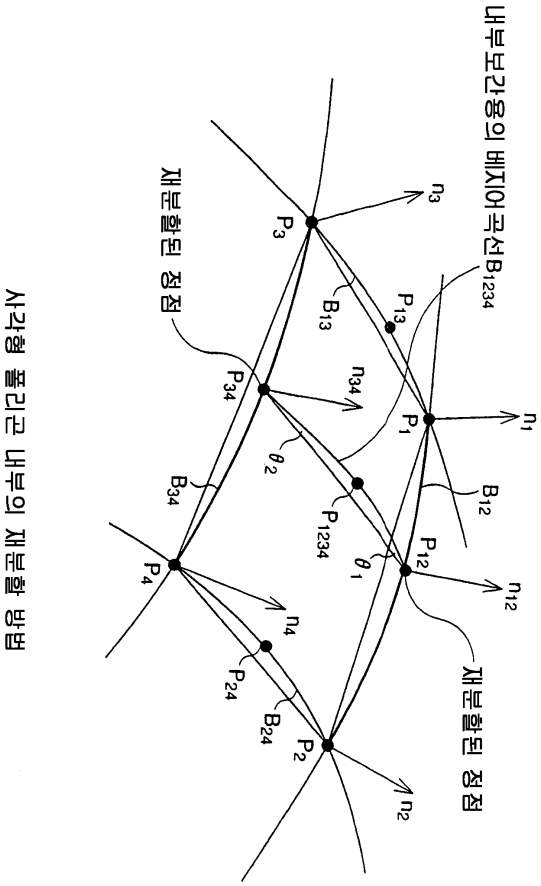


(B)보간곡선의 형상ry(t)

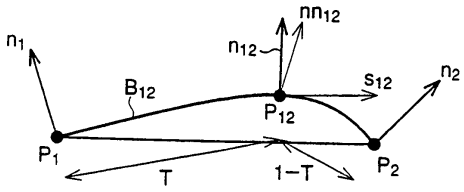
도면14



도면15

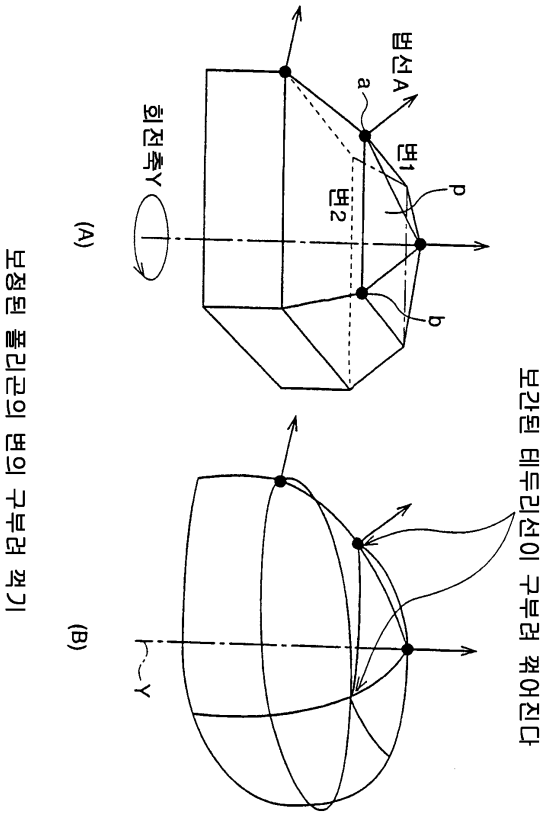


도면16

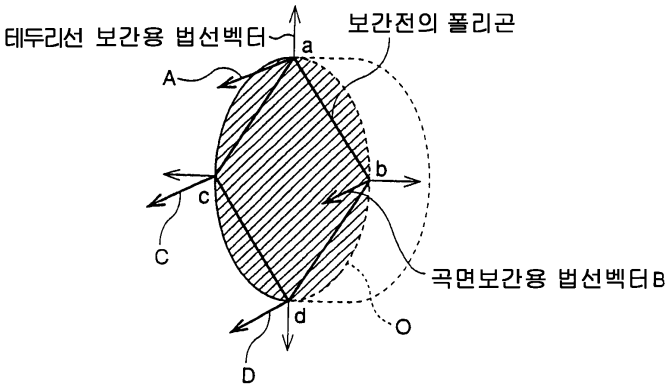


법선벡터의 보간

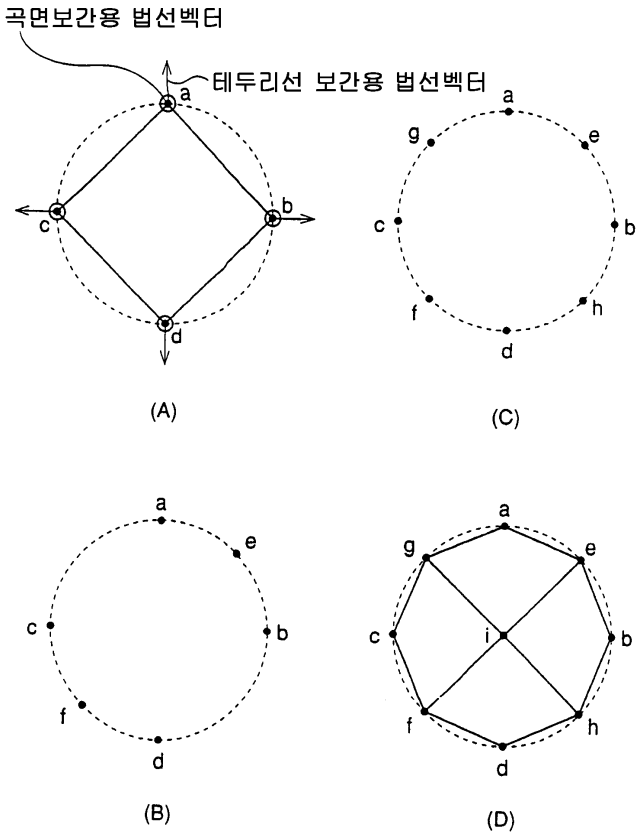
도면17


법선A
a
변1
변2
p
b
회전축Y
(A)
보정된 폴리곤의 변의 구부러 짝기
(B)
Y
보간된 테두리선이 구부러 짜어진다

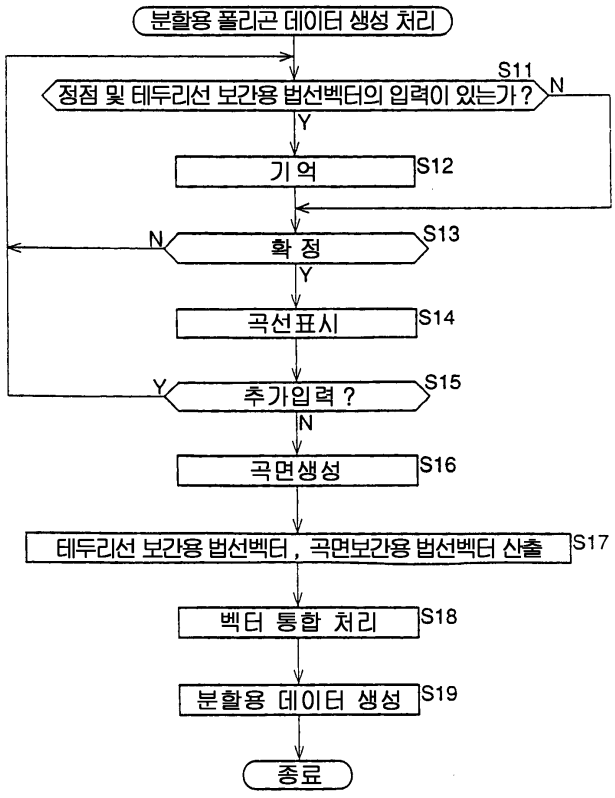
도면18


테두리선 보간용 법선벡터
보간전의 폴리곤
a
A
b
c
C
d
D
곡면보간용 법선벡터B
O

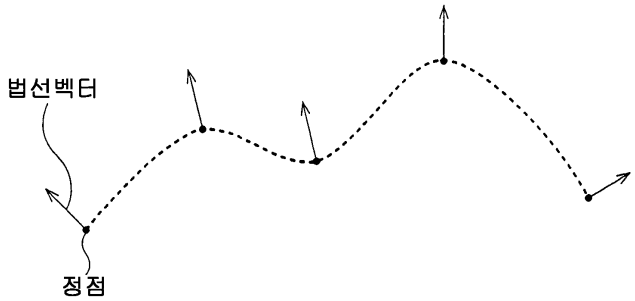
도면19


곡면보간용 법선벡터
테두리선 보간용 법선벡터
a
b
c
d
(A)
a
g
e
c
b
f
h
d
(C)
a
e
c
b
f
d
(B)
a
g
e
c
i
b
f
h
d
(D)

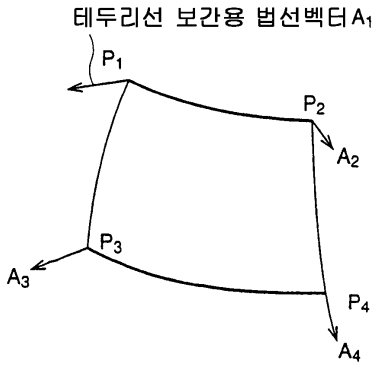
도면20


분할용 폴리곤 데이터 생성 처리
S11
정점 및 테두리선 보간용 법선벡터의 입력이 있는가?
N
Y
기 억
S12
N
확 정
S13
Y
곡선표시
S14
Y
추가입력 ?
S15
N
곡면생성
S16
테두리선 보간용 법선벡터, 곡면보간용 법선벡터 산출
S17
벡터 통합 처리
S18
분할용 데이터 생성
S19
종료

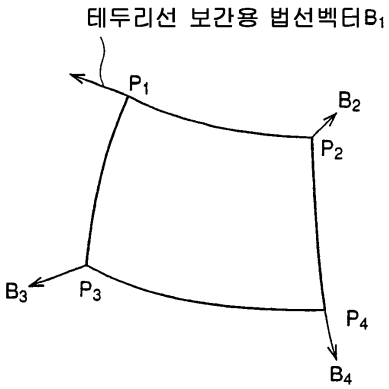
도면21



도면22

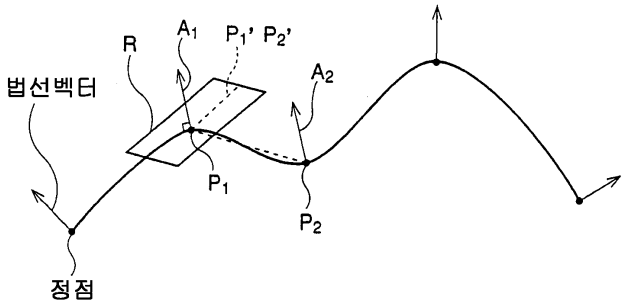


(A)테두리선 보간용 법선벡터A 및 보간되는 테두리선(태선)

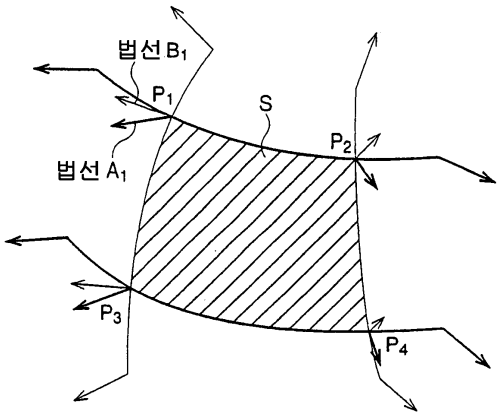


(B)테두리선 보간용 법선벡터B 및 보간되는 곡선(태선)

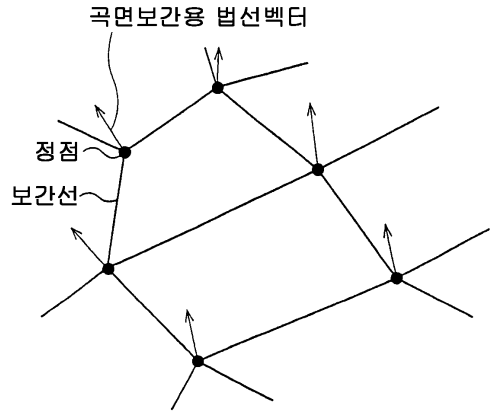
도면23



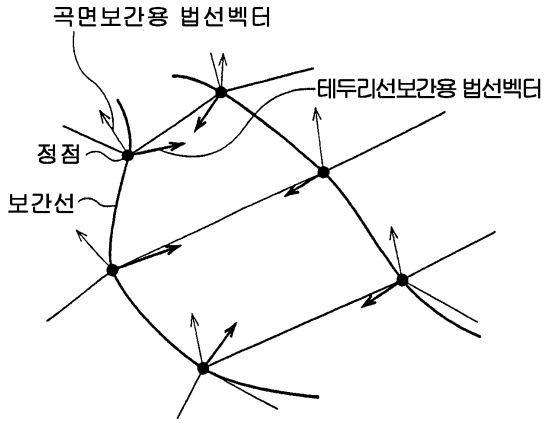
도면24



도면25

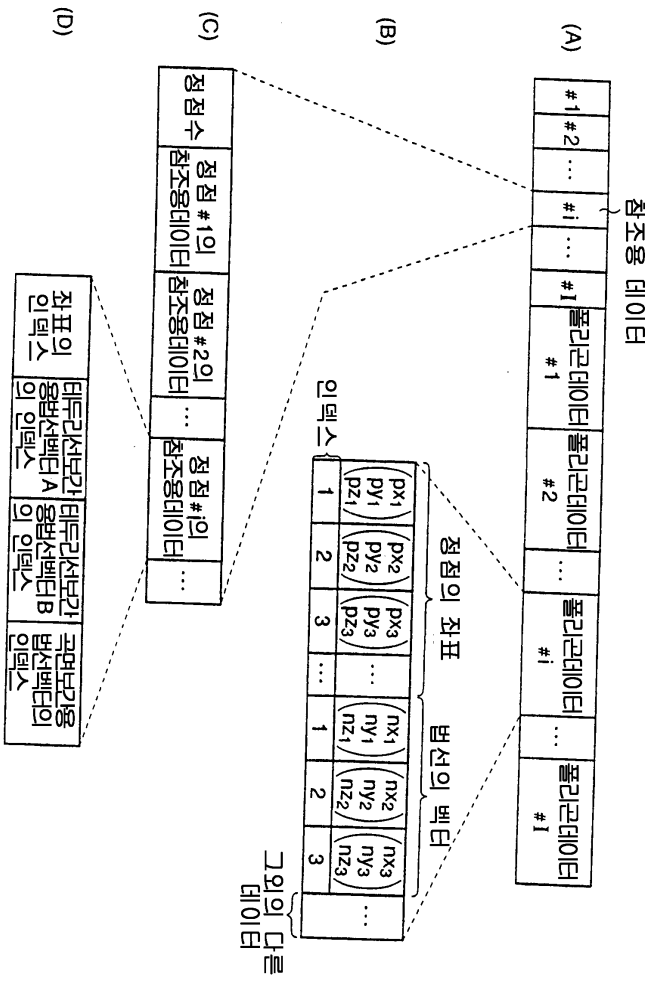


(A)곡면보간 법선벡터만에 따른 보간선의 작성

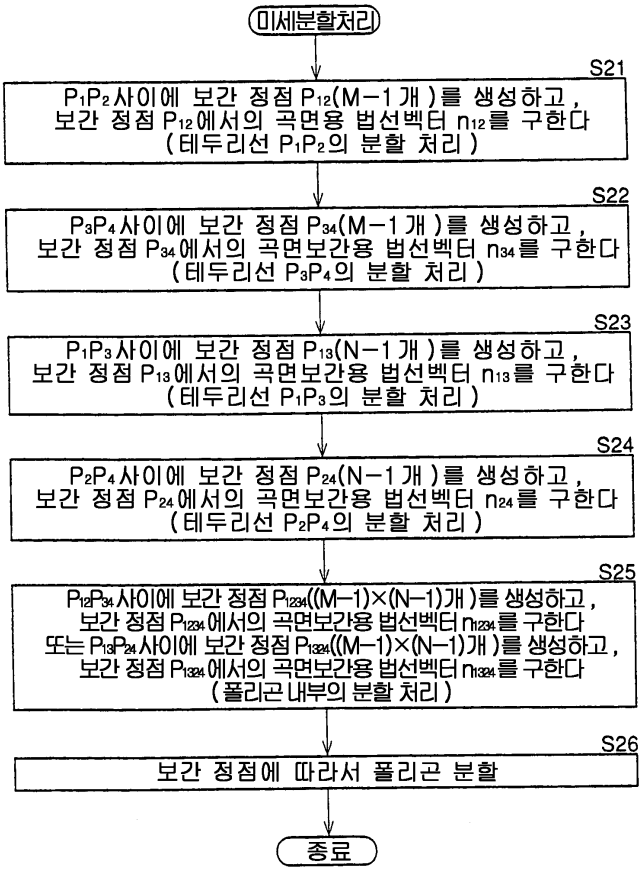


(B)테두리선 보간용 법선벡터를 사용하는 것에 따른 보간선(테두리선)의 유연화

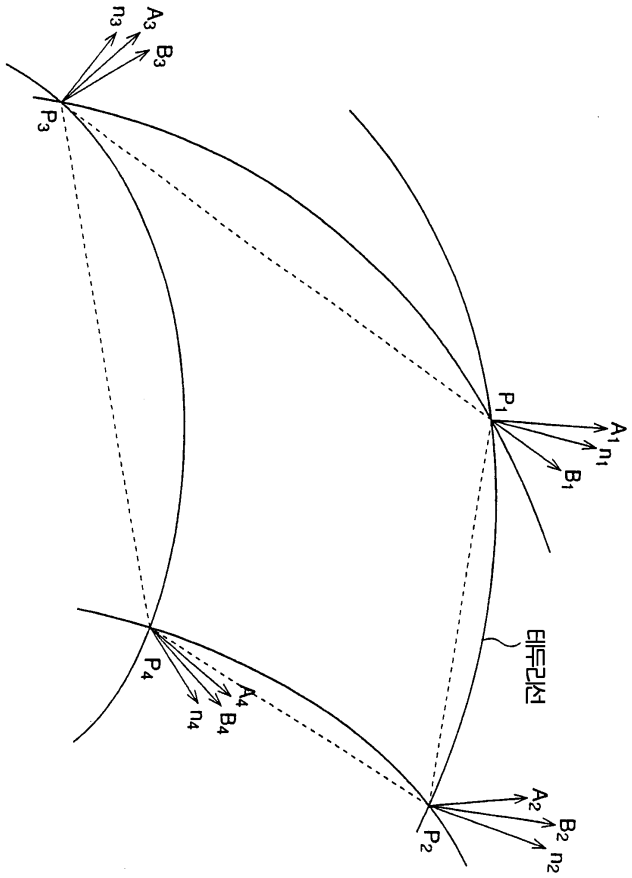
도면26


(A)
참조용 데이터
#1
#2
#i
#I
폴리곤데이터 #1
폴리곤데이터 #2
폴리곤데이터 #i
폴리곤데이터 #I
(B)
인덱스
정점의 좌표
법선의 벡터
그외의 다른 데이터
(C)
정점수
정점 #1의 참조용데이터
정점 #2의 참조용데이터
정점 #i의 참조용데이터
(D)
좌표의 인덱스
테두리선부근 음영법선벡터A의 인덱스
테두리선부근 음영법선벡터B의 인덱스
곡면보간용 법선벡터의 인덱스

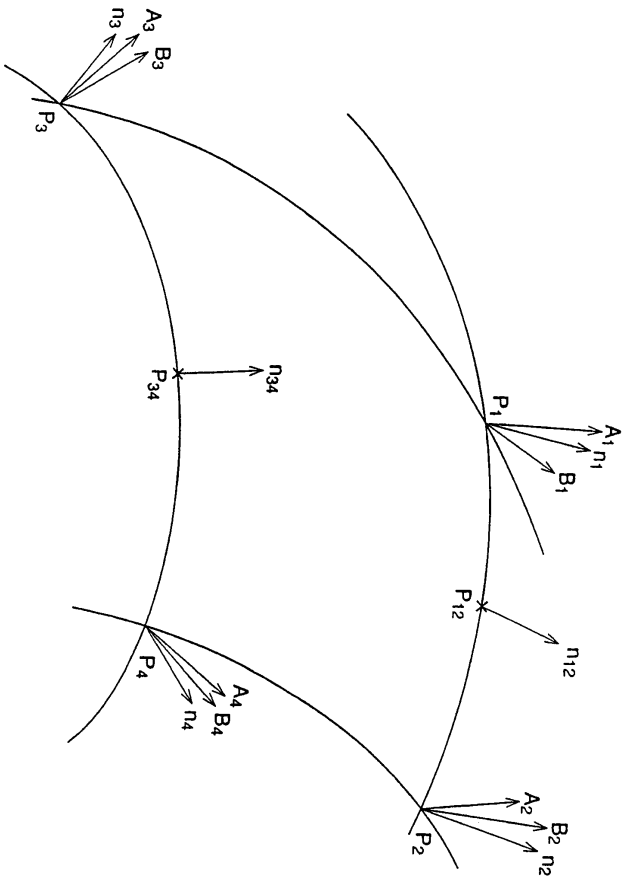
도면27


미세분할처리
S21
P1P2 사이에 보간 정점 P12(M-1 개)를 생성하고 ,
보간 정점 P12 에서의 곡면용 법선벡터 n12 를 구한다
(테두리선 P1P2 의 분할 처리)
S22
P3P4 사이에 보간 정점 P34(M-1 개)를 생성하고 ,
보간 정점 P34 에서의 곡면보간용 법선벡터 n34 를 구한다
(테두리선 P3P4 의 분할 처리)
S23
P1P3 사이에 보간 정점 P13(N-1 개)를 생성하고 ,
보간 정점 P13 에서의 곡면보간용 법선벡터 n13 를 구한다
(테두리선 P1P3 의 분할 처리)
S24
P2P4 사이에 보간 정점 P24(N-1 개)를 생성하고 ,
보간 정점 P24 에서의 곡면보간용 법선벡터 n24 를 구한다
(테두리선 P2P4 의 분할 처리)
S25
P12P34 사이에 보간 정점 P1234((M-1)×(N-1)개)를 생성하고 ,
보간 정점 P1234 에서의 곡면보간용 법선벡터 n1234 를 구한다
또는 P13P24 사이에 보간 정점 P1324((M-1)×(N-1)개)를 생성하고 ,
보간 정점 P1324 에서의 곡면보간용 법선벡터 n1324 를 구한다
(폴리곤 내부의 분할 처리)
S26
보간 정점에 따라서 폴리곤 분할
종료

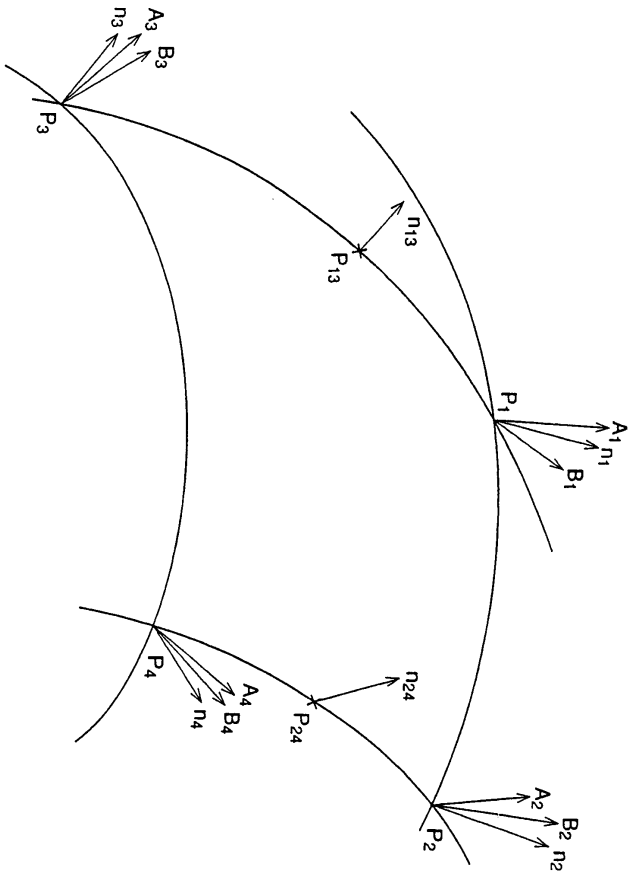
도면28



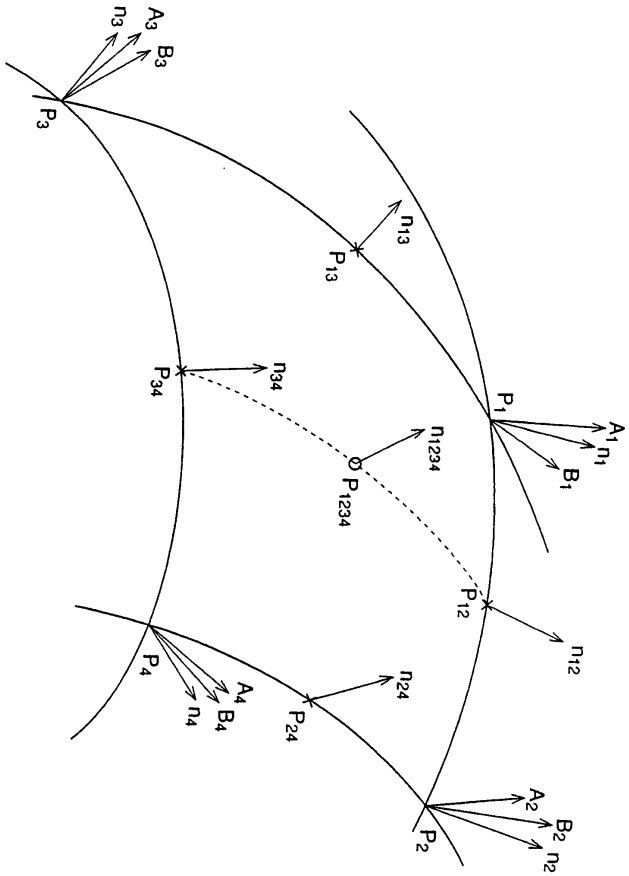
도면29



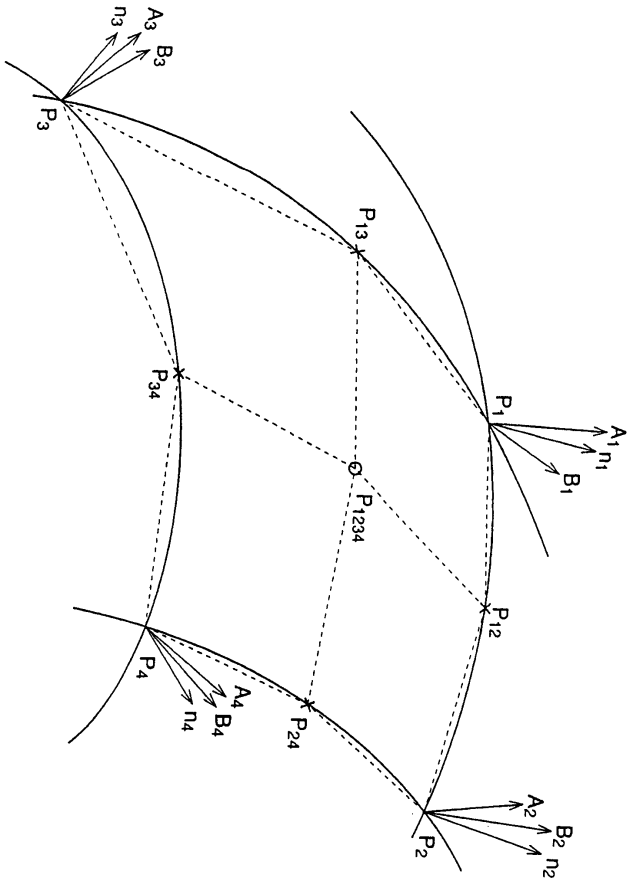
도면30



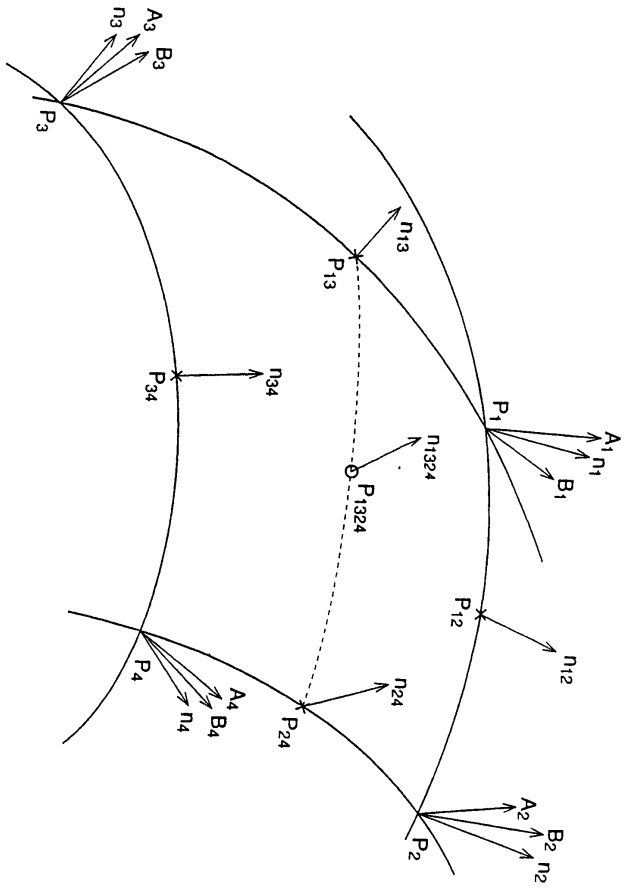
도면31


A3
n3
B3
P3
n13
P13
n34
P34
P1
A1
n1
B1
n1234
P1234
P12
n12
P4
A4
n4
B4
n24
P24
A2
B2
n2
P2

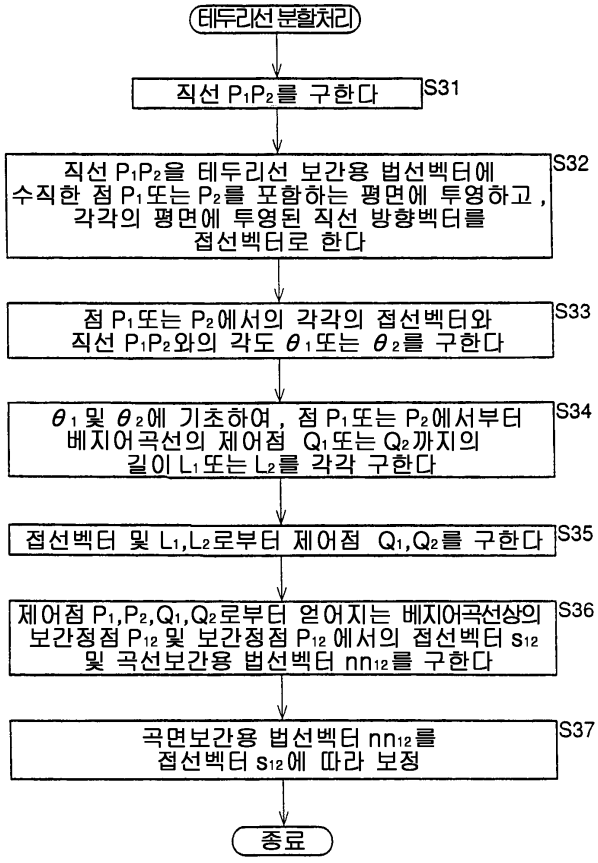
도면32



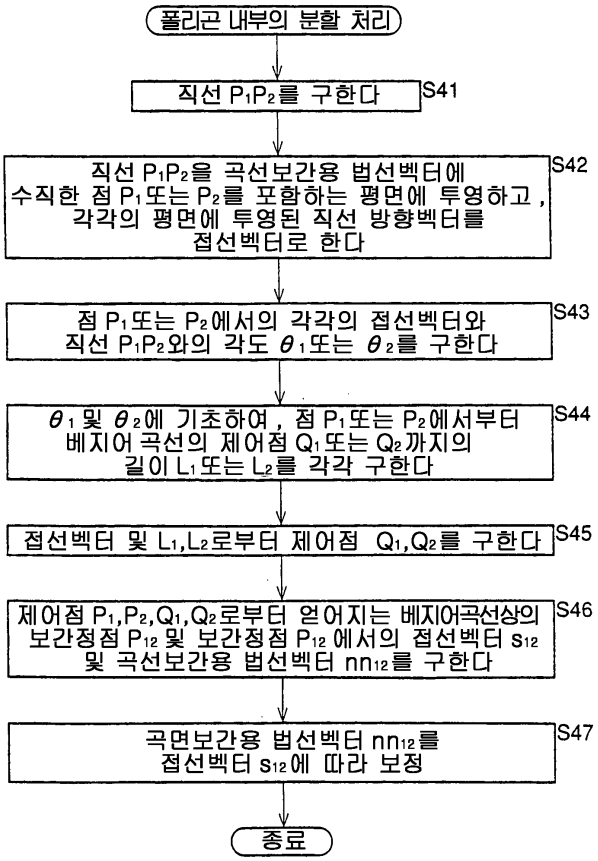
도면33


n3
A3
B3
P3
n13
P13
P34
n34
P1
A1
n1
B1
n1324
P1324
P12
n12
P4
A4
n4
B4
P24
n24
A2
B2
n2
P2

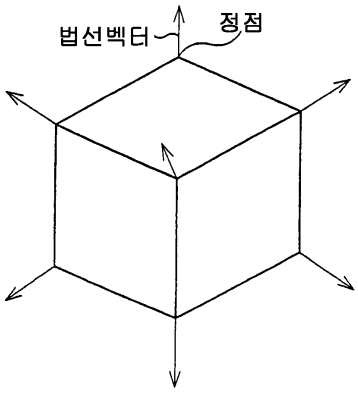
도면34


테두리선 분할처리
직선 P_1P_2를 구한다
S31
직선 P_1P_2을 테두리선 보간용 법선벡터에 수직한 점 P_1 또는 P_2를 포함하는 평면에 투영하고, 각각의 평면에 투영된 직선 방향벡터를 접선벡터로 한다
S32
점 P_1 또는 P_2에서의 각각의 접선벡터와 직선 P_1P_2와의 각도 θ_1 또는 θ_2를 구한다
S33
θ_1 및 θ_2에 기초하여, 점 P_1 또는 P_2에서부터 베지어곡선의 제어점 Q_1 또는 Q_2까지의 길이 L_1 또는 L_2를 각각 구한다
S34
접선벡터 및 L_1, L_2로부터 제어점 Q_1, Q_2를 구한다
S35
제어점 P_1, P_2, Q_1, Q_2로부터 얻어지는 베지어곡선상의 보간정점 P_{12} 및 보간정점 P_{12}에서의 접선벡터 s_{12} 및 곡선보간용 법선벡터 nn_{12}를 구한다
S36
곡면보간용 법선벡터 nn_{12}를 접선벡터 s_{12}에 따라 보정
S37
종료

도면35

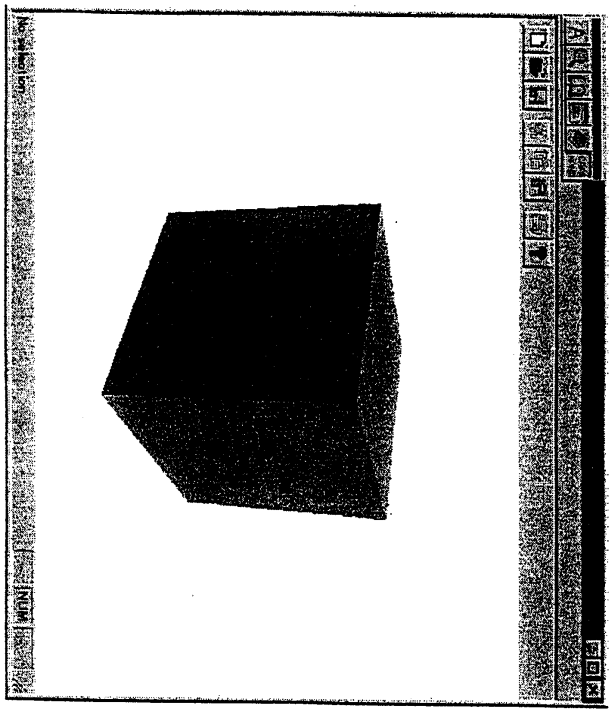


도면36

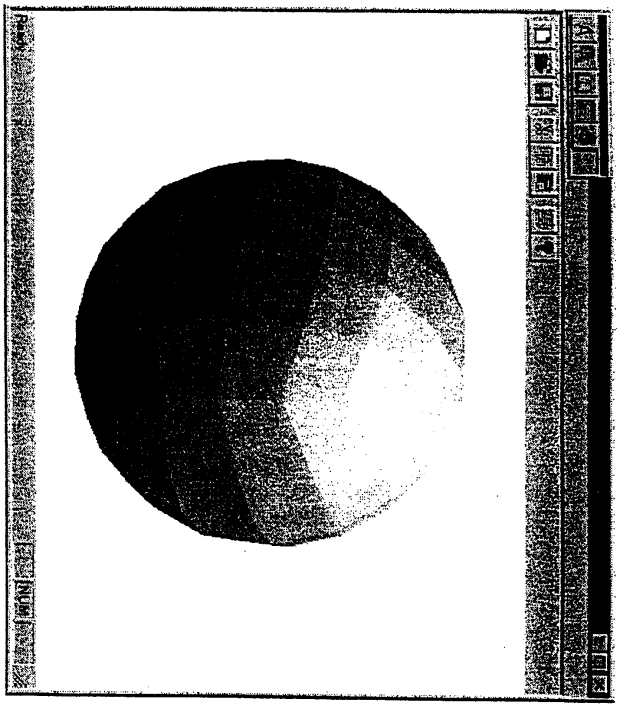


입방체의 폴리곤 및 법선의 지정

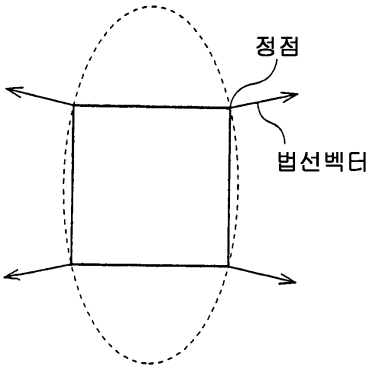
도면37



도면38

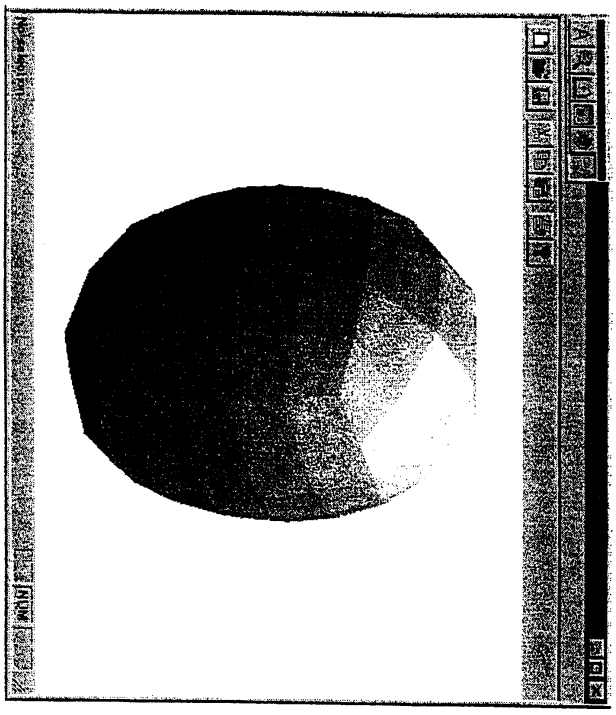


도면39

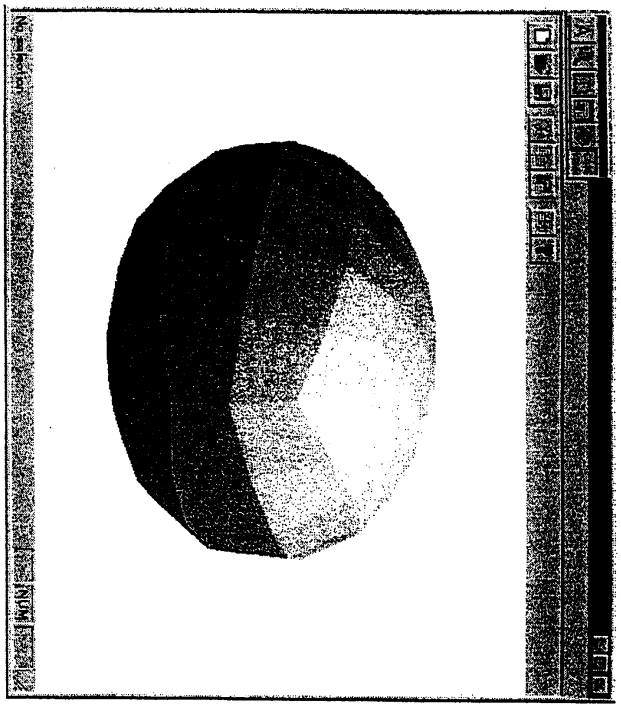


줄어든 구의 생성예(측면도)

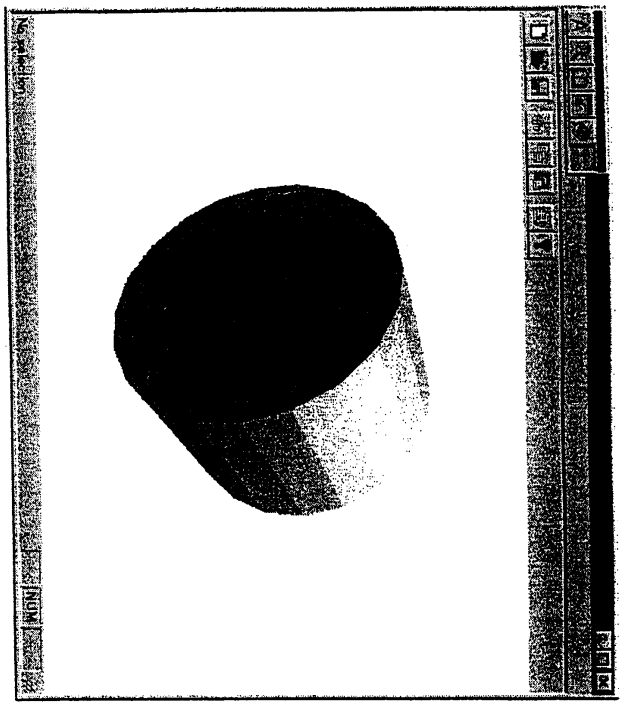
도면40



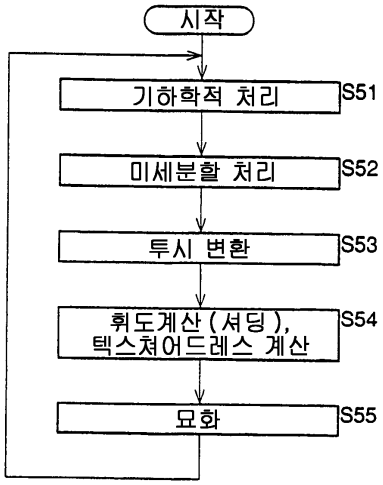
도면41



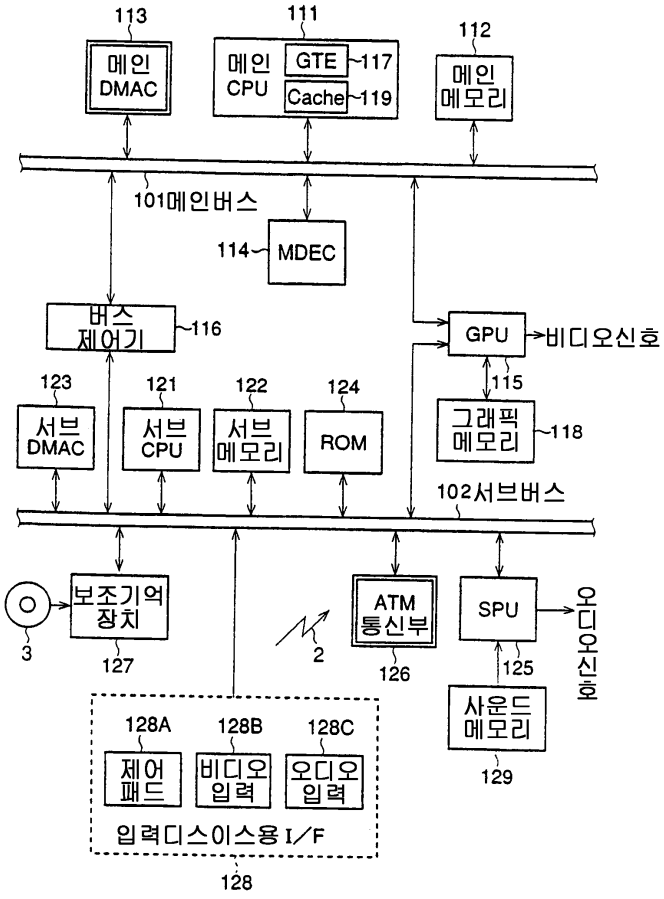
도면42



도면43



도면44



비디오 게임기

도면45

