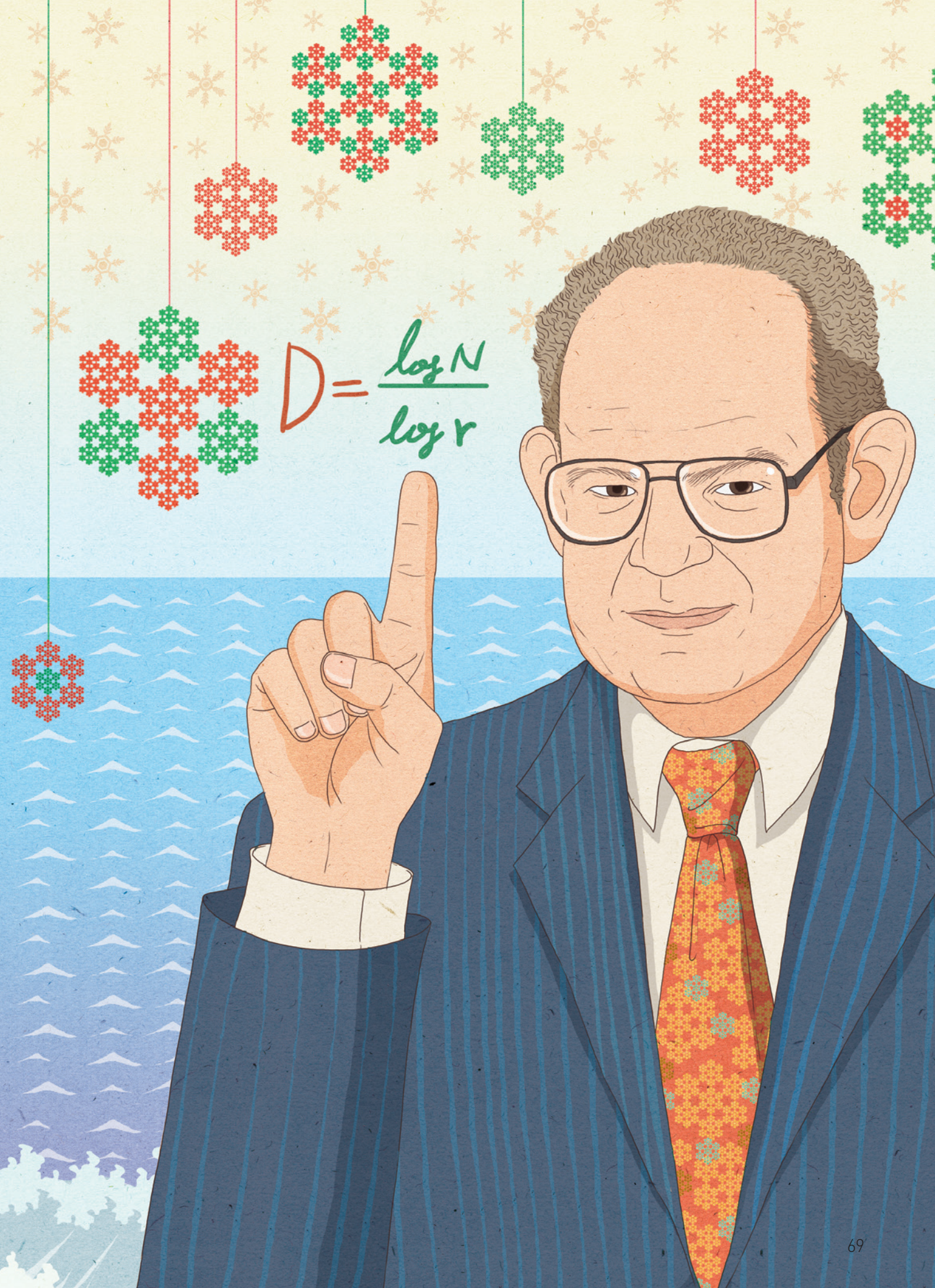


글 엄지현 기자 일러스트 허라미
 도출 박보석(한성대 디자인아트평생교육원 디지털미디어학과 교수)
 감수 박부성(경남대 수학교육과 교수)

프랙탈의 대부 만델브로 이야기

오늘도 밤늦도록 수학 공부 하느라 시간 가는 줄 모르는 착 조아브로.
 ‘쿵쿵~, 이게 무슨 냄새지? 뭔가 타는 냄새 같은데.’ 이상한 냄새를 맡고 주위를 두리번거렸다.
 우당탕! 벽난로에서 정체 모를 풍채 좋은 할아버지가 나타났다.
 “하...할아버지는 누구세요?”
 “난 얼마 전 다른 세상으로 떠난 만델브로일세. 열심히 공부하고 있는 모습을 훑쳐보다 그만...
 나도 자네처럼 평생 수학 공부를 손에서 놓지 않았지. 크리스마스를 맞아 수학동아 친구들에게
 선물을 주려고 잠깐 다시 이 세상에 들렀다네. 수학을 싫어하는 친구들에게 재미있는 수학 이야기로
 크리스마스 선물을 주려고 계획 중이거든. 허허. 혹시 자네도 관심 있나?”



$$D = \frac{\log N}{\log r}$$



대학 입학 수학 시험, 그림으로 풀다

평소 수학자가 꿈인 삭 조아브로. 그에게 크리스마스 선물이 도착했다.

“예예? 진짜요? 할아버지가 프랙탈을 만든 그 브누아 만델브로 박사님이랑요?”

“허허. 내 입으로 말하기 쑥스럽지만 그렇다네. 조아브로라고 했나? 수학을 좋아한다고 했으니, 자세히 이야기해 줘야겠군. 그럼, 이 늙은이의 한평생 이야기를 슬슬 시작해 볼까?”

난 지금으로부터 86년 전, 1924년 폴란드 바르샤바에서 태어났네. 살아 있다면 87세인 셈이지. 허허. 아버지는 직물 도매업을 하였고, 어머니는 존경받는 치과 의사였어. 비교적 부유한 가정이었지. 혹시 유대인에 대해 들어본 적 있나? 우리 집안은 독일의 아슈케나지 유대인 가문이야. 원래 유럽 동쪽에 있는 나라 리투아니아 지역에 뿌리를 두고 있었는데, 내가 태어날 무렵엔 폴란드 지역으로 옮겨 살고 있었지.

내가 10살이 되던 무렵인가? 나라가 아주 흥흥했네. 유대인으로서 더는 그곳에 살기 어려울 정도였지. 그래서 우리 가족은 1936년 나치를 피해 프랑스 파리로 이주하기로 했어. 프랑스에 삼촌이 살고 계셨거든. 삼촌인 솔렘 만델브로는 프랑스에서 저명한 수학자로 활동하고 계셨지. 난 삼촌께 처음으로 수학을 배웠어. 그날 처음 느꼈던 수학의 매력이란... 지금 생각해도 가슴 떨리는구먼. 허허.

사실 나는 어린 시절 대부분을 전쟁 중에 보내 학교를 잘 다니지 못했어. 다니다 말다 하길 반복했지. 하지만 난 다양한 학문을 배우고 싶었어. 요즘 학생들은 배울 게 많아 힘들다고 투덜대더군. 난 항상 배움을 그리워했는데 말이야... 부끄러운 과거를 살짝 이야기하면, 사실 난 고등학생 정도의 나이에 알파벳도 잘 모르고, 구구단은 6단 이상을 못 외우고 있었거든. 허허.

나치를 피해 온 가족이 터전을 옮겼지만, 파리도 결코 안전한 지역이 아니었어. 이주한 지 얼마 되지 않아 제2차 세계대전이 일어났거든. 1940년에 독일이 프랑스를 침공해 파리까지 점령해 버렸지 뭐야. 우리 가족은 다시 파리의 남쪽인 리무쟁 지방의 툴이란 도시로 피난을 가야만 했어.

다행히 툴이란 곳은 독일의 지배를 덜 받는 곳이었네. 하지만 그곳에서도 정식 교육을 받기가 어려웠지. 함께 피난 온 선생님들에게 가끔 배운 것을 빼면 혼자 공부해야 했어. 그러다 곧 전쟁이 끝났고, 난 파리로 돌아가게 됐지. 드디어 정식 학교에 다니게 된 거야. 아주 기뻐지.



만델브로? 만델브로트?

브누아 만델브로(Benoit B. Mandelbrot). 그의 이름을 놓고 부르는 방법이 다양하다. 나라마다 다른 발음기호 때문이다. 독일계 유대인 출신인 그의 이름을 독일식으로 읽으면 '만델브로트'다. 재미있게도 만델브로트는 독일계 유대인들이 즐겨 먹는 빵의 이름이기도 하다. 독일어로 '만델(Mandel)'은 아몬드, '브로트(Brot)'는 빵을 뜻한다.

*수학동아에서는 발음의 편의상 '만델브로'로 표기한다.

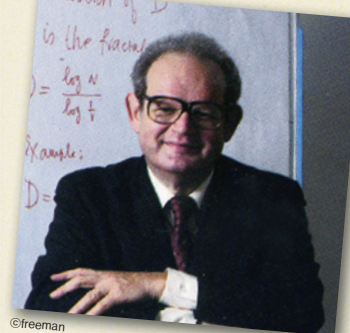
나는 뒤늦게 공부를 시작했지만, 현재 세계 명문대학 30위 안에 드는 프랑스 '에콜 노르말 쉬페리외르 파리'의 어려운 입학시험에 한 번에 합격했어. 나중에 알게 된 사실인데, 미술 시험에서는 높은 점수를 받았고, 수학 시험은 겨우 턱걸이로 붙었다더군. 난 수학 문제도 대부분 그림을 그려 풀었거든. 허허.

난 대학에 들어가 내가 알파벳으로 배우는 공부엔 별 관심이 없는 걸 알았네. 그림으로 풀 수 없는 물리와 화학 문제는 더욱 끔찍이 싫어했지. 그나마 흥미로운 과목이 하나 있었는데, 그건 단연 수학의 '기하학' 분야였어.

다른 과목뿐만 아니라 수학 수업도 '기하학' 수업을 제외하고는 받아들이기 쉽지 않았어. 왜냐하면 20세기 초 프랑스 수학계는 직관보다는 정확한 논리와 형식을 중시하는 연구, 즉 정통 수학 중심이 됐거든. 나는 정확한 논리와 형식으로 진행되는 수업을 가장 힘들었네. 난 어떠한 수학 문제든 그림을 그려 해결하는 직관적 풀이를 고집했지. 재밌는 이야기 하나 해 줄까? 나에게 처음 수학을 만나게 해준 삼촌이 바로 그 논리와 형식을 중시하는 정통 수학의 선두주자였다네. 허허. 난 정통 수학으로부터 벗어나기 위해 미국으로 향했어.

자유로운 연구를 위해 선택한 미국 IBM 연구소에서 일하던 시절의 이야기도 들려주지. 나는 IBM의 순수 연구부서에서 일했는데, 난 평소에 수학자들이 관심 없는 논문들을 즐겨 보았지. 뭔가 재미난 게 있나 하고 말이야. 난 거의 30년 가까이 다른 수학자들에게 '산만한 수학자'라고 불릴 정도로 정통 수학이 아닌 분야에 관심이 많았거든.

프랑스의 수학자 브누아 만델브로. 그는 최초의 프랙탈 발견자다. 안타깝게도 지난 10월 14일, 세상을 떠났다.





고집 센 외톨이 수학자

난 매우 고집이 센 수학자였어. 늙으면 고집이 세진다고 하지만 난 젊어서부터 내 주장을 쉽게 굽히지 않았지. 그래서인지 내 주변엔 친구나 함께 연구하려는 사람이 없었네. 내가 택한 길이지만 외로웠던 건 사실이야. 이제 와 드는 생각이지만 다른 사람의 이야기

기도 듣고 많은 연구를 함께할 수 있었다면 좋았을 텐데... 난 이미 고집 센 늙은이로 생을 마감해 버렸지. 허허. 하지만 그 고집 때문에 프랙탈을 만들 수 있었을지도 몰라.

IBM에서 일하던 어느 날, 영국의 수학 천재 루이스 리처드슨이 1961년에 발표한 논문을 읽다가 나는 아르키메데스처럼 “유레카”를 외쳤네. 발가벗고 목욕탕을 뛰쳐나갈 뻔했다니. 논문은 영국의 해안선 길이가 측정하는 자의 눈금이 작을수록 길어진다는 내용이었어. 다른 수학자들은 이 논문에 별 관심이 없었지만 나는 해안선을 자세히 들여다 보면, 해안선도 같은 모양이 무한히 반복되는 프랙탈 구조라는 사실을 알게 됐지. 그동안 내가 고민했던 잡다한 연구의 결론을 찾게 된 거지.

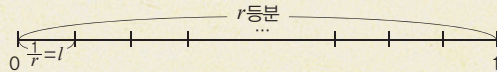
프랙탈을 발견한 후 나의 연구는 가속도가 붙었다네. 바로 새로운 공간과 차원을 정의했지. 사실 내가 논문을 발표하기 이전에 소수(또는 분수) 차원이 존재한다는 주장이 제시됐네. 독일의 수학자 펠릭스 하우스도르프에 의해서였어. 쉽게 말해 1차원, 2차원 외에 1.4차원과 같은 소수 차원이 존재한다는 것이었지. 하우스도르프는 이것을 ‘하우스도르프 차원’이라는 이름으로 세상에 알렸어. 하지만 그는 하우스도르프 차원의 존재성을 완벽히 증명하지는 못했어. 수학자들도 이것을 하나의 추측으로만 취급했지. 나는 이 소수 차원을 프랙탈 차원이라 정의하고 증명했어. 이렇게 할 수 있었던 힘은 프랙탈 기하학이 있었기 때문이었으니까. 그래서 나는 1967년 미국의 세계적인 과학저널 ‘사이언스’에 논문을 발표하고, 프랙탈 차원을 세상에 알렸지.

프랙탈 차원을 구하는 공식은 $r^D = N$ 으로 나타낼 수 있네. 여기서 D 는 우리가 구하고자 하는 차원을 말해. 차원은 어렵게 생각할 필요가 없어. 점은 0차원, 선은 1차원, 면은 2차원, 공간은 3차원이니까. 프랙탈 차원을 계산하려면 r 과 N 이 어떤 값인지 알아야겠지? 차원을 계산하려고 하는 물체의 각 면을 r 등분한 뒤, 임의의 조각을 통해 생기는 닮은 도형

Xnote

같은 공식? 다른 공식?

다른 책에서 봤던 프랙탈 차원 공식은 $D = \frac{\log N}{\log r}$ 모양일 것이다. 공식의 모양이 다르다고 당황할 필요 없다. 이 공식에 사용된 r 은 전체 길이가 1인 어떤 물체를 r 등분할 때 생기는 한 조각의 길이($\frac{1}{r}$)를 말하기 때문이다.



의 개수(N)만 알면 된다네. 만약 로그(log)의 성질을 잘 알고 있다면 프랙탈 공식을 $D = \frac{\log N}{\log r}$ 으로 정리하는 게 좋겠군. 자세한 이야기는 예를 들어 설명하지.

+칸토어 집합과 코흐 곡선의 차원

집합론을 창시한 독일의 수학자 게오르크 칸토어는 ‘칸토어 집합’을 연구했다. 이것은 수학적으로 연구된 최초의 프랙탈 중 하나다. 하지만 안타깝게도 칸토어는 칸토어 집합이 프랙탈이라는 사실을 알지 못했다. 칸토어 집합은 0과 1 사이의 실수로 만들어진 집합이다. 칸토어 집합을 만들려면 다음 그림과 같은 과정을 반복해야 한다.

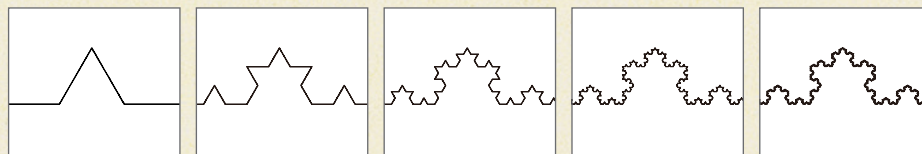


- 1) 선분 하나를 그리고, 3등분한 뒤 가운데 부분을 지운다.
- 2) 처음 길이의 $\frac{1}{3}$ 인 선분 2개가 남게 되면, 이때 남은 각각의 선분에서 다시 3등분한 뒤 가운데 부분을 지운다.
- 3) 이 과정을 계속 반복하면 칸토어 집합을 얻을 수 있다.

칸토어 집합의 차원을 구해 보자. 하나의 선분을 3등분한 뒤 가운데 부분을 지우면 칸토어 집합 2개가 생긴다. 따라서 이때 $r=3$, $N=2$ 가 된다.

공식 $D = \frac{\log N}{\log r}$ 을 이용해 계산하면, $D = \frac{\log 2}{\log 3} = \frac{\log 2}{\log 3} \approx \frac{0.3010}{0.4771} \approx 0.63$. 즉 칸토어 집합의 차원은 약 0.63차원이 된다. 로그값은 상용로그표를 이용하면 쉽게 구할 수 있다.

이번에는 프랙탈의 한 예로 잘 알려진 코흐 곡선의 차원을 구해보자. 스스로 구하는 연습을 하자.



*풀이: 각 변의 길이를 3등분한 뒤 가운데 부분을 한 변으로 하는 삼각형을 그림과 같이 그리면 코흐 곡선이 만들어진다. 따라서 $r=3$ 이고, 각 단계에서 다음 단계로 가면 4개의 닮은 도형이 생기므로 $N=4$ 이다. 이 값을 프랙탈 차원 공식에 대입하면

$$D = \frac{\log N}{\log r} = \frac{\log 4}{\log 3} = \frac{0.6021}{0.4771} \approx 1.26, \text{ 즉, 코흐 곡선은 약 1.26차원이다.}$$

공간과 차원에 대한 연구는 꾸준히 다른 수학자들에 의해 더욱 발전해 다른 학문에도 큰 영향을 미쳤어. 프랙탈 차원의 정의 덕분에 자연 현상에 대한 설명은 물론 과학 분야와 의학 분야 연구에도 활기를 띠게 됐으니까. 예를 들면, 어떤 바이러스에 반응하는 어떤 항체의 경우 바이러스와 항체가 결합하는 부분이 약 2.4차원으로 같아 정확하게 반응한다는 연구결과가 나왔대군. 허허.



상용로그표

수	0	1	...
2.0	.3010	.3032	...
3.0	.4771	.4786	...
4.0	.6021	.6031	...
5.0	.6990	.6998	...
6.0	.7782	.7789	...
7.0	.8451	.8457	...
8.0	.9031	.9036	...
...	...	...	...

* 소숫점 앞자리 0은 생략.

©freeman

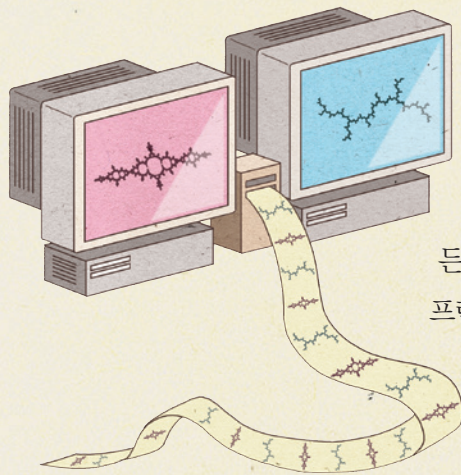


만델브로는 이 그래프를 ‘자신을 제공한 웅’이라고 불렀다.



내 안에 또 다른 나 있다

나는 주어진 모양에 대칭을 이용해 변화를 주고, 이 모양들이 조화를 이루는 방법을 계속 해서 연구했어. ‘눈으로 하는 수학, 그림으로 하는 수학’에 집중하고 있었던 거지. 조아브로. 아까, 내가 프랙탈을 어떻게 세상에 선보이게 됐는지 자세히 이야기해달라고 했던가?



프랙탈이라는 단어는 라틴어로 ‘조각난’이란 뜻의 형용사 ‘프락투스(fractus)’에서 생각했어. 내가 프랙탈을 발표한 논문 서문에도 적었는데, 난생 처음으로 ‘이름을 짓는 것’에 커다란 성취감을 느꼈지. 이것이 가진 모든 성질과 의미를 함축해서 한 단어로 표현해야 하나까.

프랙탈의 가장 큰 특성은 ‘자기 유사성(self-similarity)’이야. 내 안에 또 다른 내가 계속 존재하는 형태지. 난 프랙탈을 모든 사람의 눈으로 볼 수 있게 그려내는 일에 온 정성을 쏟았네.

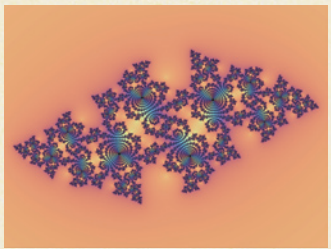
하지만 내가 프랙탈을 처음 세상에 내놓았을 때는, 일반인은 물론 수학자마저도 차가운 반응을 보였어. 지금처럼 여러 분야에 사용되고, 유명해질 줄 몰랐지. 내가 프랙탈을 그려낼 수 있도록 가장 크게 도와준 것은 다름 아닌 컴퓨터였어.

IBM은 20세기 중반, 최고의 컴퓨터 회사였지. 내가 컴퓨터를 사용하기에 매우 적합한 환경이었어. 사실 내가 연구하던 프랙탈의 자료를 정리해 입력하고 분석하는 데 컴퓨터가 없었다면 프랙탈은 지금도 세상의 빛을 발하지 못하고 있었을 걸세.

❖ 쥘리아 집합의 연결된 형태와 끊어진 형태

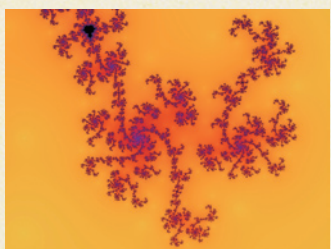
쥘리아 집합은 $z \rightarrow z^2 + c$ 를 만족하는 z 들의 모임이다. 간단히 말해 z 는 함수다. 만델브로는 복소수 c 값에 따라 달라지는 함수 z 의 변화 그래프를 집중적으로 연구했다. 이때 함수 z 의 그래프가 ①번처럼 하나로 연결된 형태로 그려지는 복소수 c 들의 모임을 ‘만델브로 집합’이라고 정의했다. 다시 말해 ②번과 같이 끊어진 형태로 그려지는 복소수 c 들은 ‘만델브로 집합’의 원소가 아닌 것이다.

①



©www.juliasets.dk/julia.htm

②



©www.juliasets.dk/julia.htm

* 쥘리아 집합과 만델브로 집합에 대한 자세한 설명은 지면상 생략하기로 한다.

Xnote

만델브로 집합의 탄생

만델브로는 박사 학위 논문 주제를 찾고 있을 때 삼촌인 솔렘 만델브로로부터 논문 하나를 건네받는다. 그것은 1917년에 발표한 가스통 쥘리아의 논문이었다. 복소평면 위에서 끊임없이 반복되는 구조인 쥘리아 집합에 관한 문제였다. 하지만 만델브로가 논문을 처음 봤을 당시에는 문제를 해결하지 못해 삼촌에게 큰 실망을 안겼다.

하지만 30년 뒤, 그는 컴퓨터를 이용해 마침내 ‘쥘리아 집합’의 문제를 수학적으로 밝히고, 그래프로 그려냈다. 또한 이때 자신의 이름을 딴 만델브로 집합을 탄생시켰다.

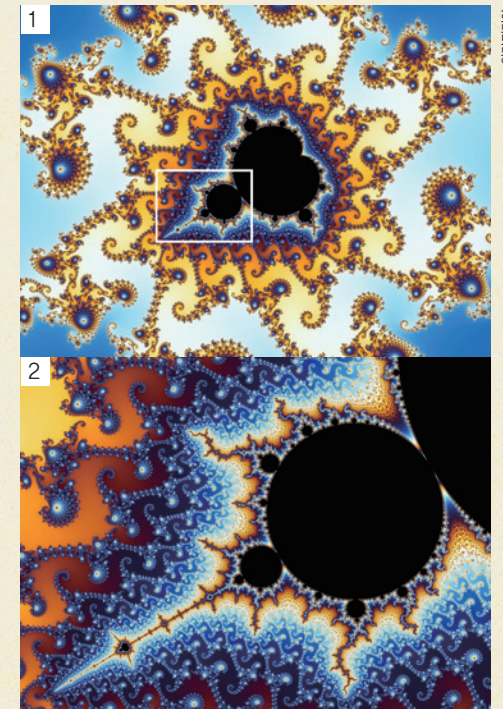
사실 가장 먼저 컴퓨터의 덕을 본 계기는 나의 스승 가스통 쥘리아의 ‘쥘리아 집합’에 대한 연구였어. 그때 그 연구는 혼자 진행한 것은 아니고 먼저 ‘쥘리아 집합’을 그려내려고 시도한 다른 연구자들로부터 아이디어를 얻어 함께했지.

집합을 그린다든 게 어떤 뜻이냐고 물었던가? 쥘리아 선생은 ‘쥘리아 집합’의 각 원소가 복소평면이라는 또 다른 집합에 어떻게 대응되는지를 눈에 보이는 자료로 만들고 싶어했거든. 복소평면은 좌표평면과 비슷하지만 수의 범위가 다르지. 좌표평면은 x 축과 y 축이 모두 실수축이라면, 복소평면은 x 축이 실수, y 축은 허수의 범위를 갖거든. 가상의 평면인 셈이지.

나는 ‘쥘리아 집합’을 그래프로 그려내다 ‘만델브로 집합’을 찾아 냈네. 프랙탈 구조는 두 집합에서 모두 볼 수 있지. 결국 나는 스승 쥘리아의 문제를 해결하며 프랙탈을 더 자세히 알게 된 셈이지. 난 이것들을 기초로 다양한 분야에서 프랙탈의 원리를 찾아내 마침내 1982년 ‘자연의 프랙탈 기하학’이라는 책을 출간하게 됐네. 자네가 태어나기 10년도 더 전의 일이군. 그때부터 사람들이 프랙탈을 조금씩 알아주기 시작했어. 수학과 컴퓨터의 만남이 시기적으로 잘 맞아 떨어졌던 게지. 허허.

내가 IBM에서 20년 가까이 연구하고 몰두하던 프랙탈이 드디어 세상 밖으로 나오게 된 거야. 이제 프랙탈은 수학을 넘어서 공학, 미술, 경제학, 의학 등 다양한 연구 분야에서 사용되고 있어. 난 프랙탈을 더 발전시킬 후배들을 자랑스러워할 걸세.

난 크리스마스가 지나기 전, 서둘러 다른 학생들에게도 가봐야겠어. 내가 이래 봐도, 인기가 많거든. 허허. 조아브로! 앞으로도 수학을 열심히 공부해서 내 뒤를 잇는 세계적으로 유명한 수학자로 자라줘. 내가 하늘에서 계속 응원할 테니.



만델브로 집합을 그린 그림(①)의 일부분을 자세히 확대해 관찰하면 자기 자신이 무한히 반복되는 프랙탈 구조를 찾아볼 수 있다.(②)

함께 그려 보는 프랙탈 아트

만델브로 박사님이 떠난 오후, 조아브로의 머릿속에는 온통 프랙탈 생각뿐이었다.

“아...나도 프랙탈을 그려볼 순 없을까?”

그 순간 문득 프랙탈 아티스트 박보석 교수님이 떠올랐다.

“교수님! 제게 프랙탈을 그리는 비법을 전수해 주십시오.”

“조아브로, 미안하지만 프랙탈 아트는 ‘무작정 따라 하기’로 가르쳐 줄 수가 없단다.”

실망한 조아브로, 교수님이 작업하는 과정을 지켜보기로 했다.



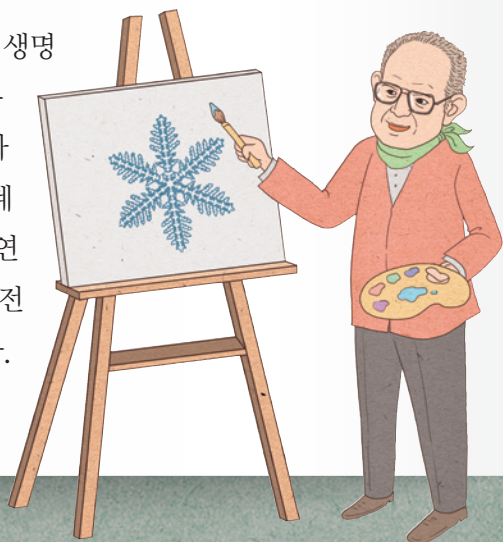
한성대 디자인아트평생교육원
디지털미디어디자인학과
박보석 교수. 박 교수는 '프랙탈
아티스트'로 활동하고 있다. 그의
홈페이지(www.cgtool.com)에서
다양한 작품을 볼 수 있다.

수학자 만델브로가 세상에 내놓은 프랙탈은 수학을 넘어 컴퓨터 그래픽의 도움을 받아 다양한 모습으로 변신했고, 이곳저곳에서 ‘프랙탈 아트’라는 이름으로 더욱 알려졌다. 만델브로가 종이를 벗어나 컴퓨터로 연구하기 시작했던 것처럼, 프랙탈은 컴퓨터 그래픽 예술계를 서서히 물들였다.

프랙탈 아트가 이만큼 알려지기까지 1992년부터 10년이 넘도록 꾸준히 노력해온 프랙탈 아티스트가 있다. 만델브로의 타계 소식을 안타까워하던 한성대 박보석 교수가 바로 그다. 프랙탈 아트계에서 인기 작가로 잘 알려진 박 교수는 무한히 반복되는 프랙탈의 매력에 푹 빠졌다고 한다. 프랙탈이 주목받지 못하던 1990년대 초, 프랙탈에 대한 박 교수의 열정은 아무도 막을 수 없었다. 프랙탈을 그릴 수 있는 프로그램 설명서를 구하기 위해 일본으로 달려갔을 정도다.

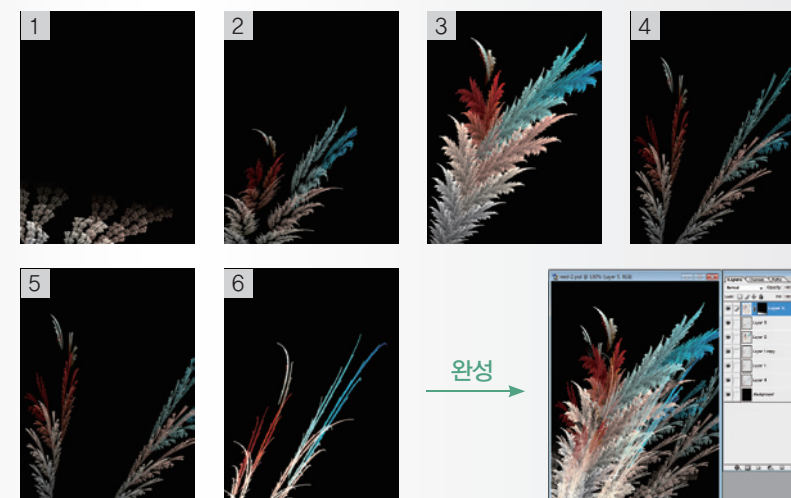
박 교수는 프랙탈 아트를 이렇게 설명했다. 하얀 도화지에 색색의 물감을 떨어뜨려 물감이 채 마르기 전에 이리저리 굴리고 후후 불어본 경험이 있다면 이를 떠올려 보자. 프랙탈 아트가 바로 같은 원리라고 한다. 도화지에 떨어진 물감은 어느 방향으로 흐를지, 물감이 어느 굵기로 굴러갈지 그리는 사람도 예상할 수 없다. 프랙탈 아트도 마찬가지다. 작품을 작업하는 그날의 작가의 컨디션과 작업 시간 정도에 따라 얼마든지 다른 그림이 만들어질 수 있다.

박 교수는 차가운 컴퓨터 그래픽 아트에 생명을 불어넣는 사람이다. 그의 작품은 대부분 전달하고자 하는 메시지를 생명체에 담아 프랙탈을 이용해 표현한다. 딱딱하고 기계적이며 차가운 이미지가 아닌 동물이나 자연 환경을 그려내면서 가슴 따뜻한 이야기를 전하는 것이 그가 프랙탈을 그리는 목적이다.



보통 작품은 한 달 내내, 어쩔 땐 그 이상의 시간을 투자하기도 한다.

다음은 박 교수가 2007년 ‘프랙탈 갈대-2’라는 이름으로 제작한 작품이다. 박 교수가 작품에 공들인 과정을 한눈에 볼 수 있다. 그가 말하는 따뜻한 작품은 한 번으로 완성되지 않았다. 그림처럼 모두 6개의 프레임을 따로 제작해 포토샵 프로그램에서 하나로 합쳐 더욱 생명력 있는 작품을 완성했던 것이다. 박 교수는 이 사실을 깨닫기까지 10여 년이 걸렸다고 말했다. ❀



나도 프랙탈 아트에 도전!

보통 프랙탈 아트를 그리기 위해 전문가들이 사용하는 프로그램은 3가지다. 바로 KPT 컬렉션(www.corel.com), 아포피시스(www.apophysis.org), 울트라 프랙탈(www.ultrafractal.com)이 그것이다.

아포피시스를 제외하고는 모두 유료 프로그램이다. 무료로 사용할 수 있는 아포피시스를 살펴보자. 프로그램을 실행하면 첫번째 그림(1)처럼 왼쪽에서 다양한 샘플 이미지를 고를 수 있고, 오른쪽에서는 선택한 이미지를 볼 수 있다. 샘플 이미지 중 마음에 드는 이미지를 고른 뒤, 메뉴 상단에 있는 ‘에디터(editor)’ 버튼을 눌러 화면에 보이는 것처럼 삼각형의 크기와 모양, 또는 그 값을 조절해 프랙탈 무늬를 만든다(2). 원하는 무늬가 나오지 않을 땐 ‘뮤테이션(mutation)’ 버튼을 눌러 프랙탈의 조밀한 정도와 프랙탈의 수학 성질을 조절할 수 있다(3). 이처럼 손쉽게 프랙탈 아트를 체험해 볼 수 있다.

누구나 그릴 수 있는 아포피시스로 ‘프랙탈 아트’에 도전해 보는 건 어떨까?

