

조류(鳥類)의 자발적 질서에 대한 의문에 대한 소고(小考)¹⁾

송 순 창²⁾

대한조류협회장

수많은 조류 중에서 일부의 조류는 어둠이 내려앉질 무렵 하늘이 온통 날아다니는 새 떼로 뒤덮이는 장관을 보는 사람으로 하여금 탄성을 불러 오기에 충분하다. 새 떼들의 군무는 놀랄 만큼 조직된 패턴을 하늘에 그리며, 수평선 너머로 동서로 이동하면서 자유자제로 하늘을 덮으며 휘몰아친다. 우리나라에서 주로 관찰되는 찌르레기나 가창오리의 군무는 매년 볼 수 있는 장엄한 관경을 선사한다. 이들이 인간의 마음을 사로잡는 것은 창공에 미지의 언어를 표출하는 듯한 그 움직임에 있다. 가창오리나 찌르레기 떼의 움직임은 분명 생명 자체의 본질로 부터 내면의 표현이자 살아 있는 생명의 생동감일 수 있다. 복잡하게 얽혀 있는 그 생동감은 인간의 이해를 거부하는 자연의 숭고한 표현일 수 있다.

어떻게 몇 cm의 간격을 유지한 채 서로 영켜 수십만 마리가 부딪침 없이 시속 수십 km로 떼지어 움직일 수 있을까? 끊임없이 방향을 바꾸면서 일사분란하게 응집된 형태로 방향을 일시에 바꾸면서 흐트러짐 없이 대열을 유지할 수 있다는 것은 일부 새들만이 할 수 있는 놀라운 능력이다. 과학자들은 이를 집단행동이라 말하지만, 기본적으로 많은 개체가 하나의 군집을 이루어 행동한다는 것은 거의 불가능한 일이다. 이러한 특이한 행동은 쉽게 이루어질 수 없듯이 모든 조류에게서는 볼 수 없는 장면이다.

찌르레기나 가창오리는 스스로 행동을 조직하기에 흥미로운 존재로 여겨진다. 이들 종류의 새들은 왜? 어째서 이런 집단행동을 하는 것일까? 이런 집단적인 행동의 배경에는 어떤 외적인 힘의 영향이 작용하기 때문은 아닐까? 그리고 이는 물리적 세계의 무질서로 나아가는 경향이 있다는 열역학 법칙에 저항하는 것일 수도 있다.

그런데 개체가 집단으로 행동하면 재미있는 일들이 일어날 수 있다. 인간들은 수백 건의 과학 논문과 이론, 책들이 이 개념을 언어 발달이나 교통 정체 같은 다양한 주제와 결부시키려고 의도하고 있

1) Reflections on the Question of Spontaneous Order in Birds

2) SONG, Soon-Chang, Korea Association of the Wild Birds, E-mail : sunchang39@hanmail.net

다. 때로는 조직은 별개의 사소한 결정을 내리는 자발적인 개체들로부터 비롯된다. 이른바 상향적 메카니즘으로, 일반적으로 위에서 명령이 내려오는 상의하달식 접근과는 반대이다. 찌르레기나 가창 오리들이 무리를 짓는 것은 보기보다 훨씬 더 자발적일지도 모른다.

경제학자 제프리 골드스타인은 이 생각을 한 단계 더 발전시켜 창발을 정의하려고 했다. 창발은 느슨한 속성으로 복잡계들이 오로지 단순한 상호작용만을 통해 형성된다는 것이다. 이것은 흰개미집과 허리케인, 예술, 록 콘서트, 금융시장, 그리고 종교에 적용된다. 범위가 광범위하게 넓지만 골드스타인은 이 모든 예들이 함께 고려할만한 충분히 유사한 특성을 가지고 있다고 주장한다. 그는 창발을 복잡계 속에서 자기조직화가 일어나는 과정에 참신하고 일관된 조직, 패턴, 특성이 발생하는 것으로 정의했다. 창공에서 하나로 움직이는 가창오리나 찌르레기 무리는 이 정의에 완벽하게 들어맞는다. 창발은 지난 몇 년간은 뜨거운 관심의 대상이었으며 유용하다고 여기는 것은 아니다. 이에 대해 가장 반대 비평을 한 생물학자는 피터 코닝이다. 그는 과학저널에 발표한 논문에서 창발이 규정하기 어렵고 모호하고 이론을 위한 존경할만한 개념일 뿐이라면서 체스가 창발적인 체계로 여겨질 수 있는 것은 이 복잡한 게임이 몇 가지 간단한 규칙에서 비롯되기 때문이라고 지적했다. 하지만 규칙 자체는 아무것도 이끌어내지 못한다. 단지 관계를 기술할 뿐이다.

가창오리나 찌르레기가 무리 안에서 충돌을 피하려면 물리적 규칙에 따라야 한다는 데에는 의문의 여지가 없다. 그런데 새들은 더 큰 어떤 힘에 의해 조종되는 체스 말에 불과할까? 아니면 내부 발생적인 힘에 따라 움직이는 걸까? 만약 우리가 그들의 규칙을 알 수 있다면 수십만 마리가 땅거미 질 무렵 회오리쳐 지나는 광경은 녀를 빼놓는 기이한 모습도 예측할 수 있지 않을까?

레이놀즈는 보이드라는 개체 하나하나의 그래픽 이미지를 작은 삼각형으로 표시한 뒤, 다음과 같은 규칙을 따르게 했다. 1) 가까운 범위 안에서 충돌을 피한다. 2) 이웃들과 평균적으로 같은 방향으로 움직인다. 3) 그룹과 떨어지는 것을 피한다. 분리, 정렬, 응집이라는 이 3가지 규칙은 납득할 만큼 실감 나는 보이즈 떼를 만들었고, 이 군집은 레이놀즈의 스크린 위에서 실제 찌르레기 무리가 공중에서 회오리 치는 것과 완벽하게 흡사한 모습을 보였다. 레이놀즈는 그의 모델에 장애물을 추가했고, 보이즈 떼가 장애물과 마주쳐 자연스럽게 갈라졌다가 다시 한 덩어리가 되는 걸 녀를 잃고 바라보았다. 시뮬레이션이 얼마나 사실적이던지 직접 보고도 믿을 수 없을 정도였다.

찌르레기 무리를 3D 모델로 포착하는 어려움은 사진을 겹치는 문제로 모아졌는데, 이것은 수년간 새 떼 연구 전반을 지연시킨 문제였다. 컴퓨터는 수천 개의 작은 반점이 정확히 겹치도록 각기 다른 위치, 다른 시간에 촬영된 상이한 사진들을 맞춰야 했다. 찌르레기 무리의 사진을 분석해 같은 새끼리 합

치시키는 알고리즘을 개발하는데 2년이 걸렸고, 이 과정은 논문에서 통계물리학, 최적화 이론, 컴퓨터 영상 기술의 합작품이라고 보고되었다. 이 획기적인 프로그램으로 약 8천 마리의 새 떼를 90%에 달하는 정확성으로 처리할 수 있었고, 두 시간의 노력 끝에 8초짜리 짧은 동영상을 만들 수 있었다.

찌르레기 무리는 의외로 납작한 층을 이루고 있어서 축구공보다는 얇은 팬케이크 모양에 더 가깝다. 그 팬케이크는 사방으로 미끄러지며 자유자재로 형태를 바꾸지만, 대체로 땅과 평행을 이루며, 크기가 어떻든 끈임없이 균형 잡힌 형태를 유지했다. 밀도는 가장자리로 갈수록 높아져 찌르레기들은 팬케이크의 중심부보다 주변부 쪽에 훨씬 더 조밀하게 분포한다. 그리고 리더는 없다. 무리가 방향을 틀 때 새들은 동일한 반경을 그리며 난다. 다시 말해 제각기 같은 속도로 같은 곡선을 그리며 돈다는 것이다. 줄맞춰 행진하는 군인들이 방향을 꺾을 때는 가장 바깥에 있는 병사들이 더 빨리 걸어야만 같은 대열을 유지할 수 있다. 찌르레기들은 군인들처럼 보정하지 않는다. 그래서 왼쪽으로 방향을 틀면 대열의 앞에 있던 새들이 오른쪽에 오게 되고, 오른쪽에 있던 새들은 뒤에 있게 되고, 뒤에 있던 새들은 왼쪽에 오게 된다. 이렇게 할 때의 숨은 이득은 어떤 새도 늘 맨 앞에서 날 필요가 없다는 것이다.

자전거 경주를 보면 알겠지만, 선두로 나서는 것은 공기의 저항으로 항공역학적으로 가장 비효율적이고 가장 쉽게 지치는 일이다. 또 다른 이점은 새들 모두가 맹금류에게 채일 위험이 비교적 큰 가장자리에서 똑같은 시간을 보낸다는 것이다. 추정컨대 포식자들로부터의 안전 확보는 찌르레기가 떼를 이루는 단연 큰 이유이므로 계속 가장자리에 머물러야 한다면 그룹의 일원이 되려는 동기가 약해질 터이고, 결국 대열 전체를 무너뜨릴 수 있을 것이다.

가장오리나 찌르레기 같은 새들은 문자 그대로 수백만 마리의 무리를 짓는다. 몇 만 마리가 보통이지만 특히 규모가 큰 것은 150만 마리를 넘겼다는 기록도 있다. 지구상에서 그렇게 많은 무리를 이루는 동물은 극소수이다. 지금까지 알려진 가장 큰 군대개미 떼가 100만 마리 정도였고, 단독 콘서트 경우, 브라질 리우데자네이루 코파카바나 해변에서 열린 1994년 로드스튜어트 공연이 350만 명으로 최다였다. 하지만 이것도 10억 마리 넘게 떼 지어 날아다니곤 했던 나그네비둘기에 비하면 아무것도 아니다. 지구상에는 수많은 군집을 이루고 사는 생물들의 생활상은 수 없이 많다. 북대서양의 청어 구단도 수십억 마리의 군집을 이루는가 하면 미국 서부지역을 휩쓸었던 메뚜기집단은 한때 개체 수가 약 12조 마리, 무게로 치면 2,700만 톤으로 추정되기도 한다. 이렇게 많은 수의 군집으로 생존을 구가하는 이유는 무엇일까?

100만 마리의 찌르레기 무리 역시 입이 다물어지지 않을 만큼 인상적인 장면을 연출한다. 많은 나라의 생물학자들은 생물들이 군집을 이루는 이유에 대한 연구는 계속되고 있다 지도교수 파리시가

감독한 이 야심찬 프로젝트는 다른 군집 시스템을 이해하기 위해 찌르레기 무리의 역학을 철저히 조사하는 것이었다. 프랑스, 독일, 헝가리, 네덜란드, 이탈리아 출신의 과학자 팀들이 공동연구에 들어갔고, 팀마다 컴퓨터 모델, 풍동실험, 사회 이론 등 이 주제의 다양한 측면을 공략했다. 카바냐는 무질서에 대한 관심을 포함해 지도교수의 구미에 맞는 몇 가지 주제를 선택하여 박사과정 이후에도 과냉각 액체와 유리에 관한 연구를 했던 경험을 통해 입체 촬영 기술로 찌르레기 무리를 기록하는 팀을 엮었다. 그들이 수천 마리의 새떼에 관해 처음으로 기술하던 날, 그는 이 연구에 완전히 매료되었다. 비록 생물학 분야에는 문외한이고, 조류 관찰자로 불려본 적도 제대로 된 실험 한 번 해본 적도 없었지만, 그는 팀과 함께 이론물리학자로서 같고 닮은 기술을 이용해 몇 세대에 걸쳐 구경꾼들을 혼란스럽게 해온 생물학적 현상을 해명하게 되었다.

스타플로그 프로젝트는 찌르레기 무리만을 위한 것이 아니었다. 이 프로젝트의 목표가 새 떼들에 대한 데이터 확보뿐만 아니라, 그 데이터로 집단행동의 새로운 모델을 세우는 것이라고 하였다. 카바냐가 물리학에 대한 이해를 생물학에 적용한 것처럼 과학자들은 자신들의 지식을 다른 분야에 응용할 수 있게 되기를 바랐다.

집단적인 움직임은 인간의 행동에도 흔히 나타나는 현상이다. 새들의 군집을 기술하기 위해 세워진 모델을 인간의 경제적 군집 행위를 이해하는데 사용할 수 있는지 탐구하는 일은 충분히 가치가 있을 것이다. 이러한 실험으로 찌르레기와 인간이 공유하는 특성으로 보이는 것은 대단히 흥미로운 일이다.

카바냐 팀은 순수 물리학으로 찌르레기 무리를 기술하고자 했고, 무리안에서 서로 다른 위치에 있는 새들의 속도를 측정했다. 예상대로 멀리 있는 새들보다 가까이 있는 새들과 비슷하게 행동했다. 그런데 크기가 다른 무리들 사이에서 거리의 상관관계를 비교했을 때, 무리의 크기와 서로간의 간격이 완벽하게 비례했다. 즉, 집단의 크기가 큰 경우 서로간의 간격도 더 넓었던 것이다. 카바냐는 이것을 범위 없는 상관관계라고 지칭하며, 티핑 포인트에서 아슬아슬한 상태를 유지하는 임계 시스템의 특징이라 지적했다. 카바냐는 찌르레기들이 임계점에서 무리를 형성하는 시스템을 보여준다고 생각했던 것 같다. 그런 뒤 그들은 찌르레기 무리 내부의 비행 방향을 분석해 내부의 질서를 정확히 예측하는 모델을 찾아냈다. 더 나아가 그것이 임계점에서의 자기 시스템으로 잘 알려진 하이젠베르크 모델과 수학적으로 같다는 사실을 여러 페이지짜리 보고서에 실례를 들어가며 증명했다.

하이젠베르크 모델은 자기장의 방향성을 기술할 때 양자역학을 이용한다. 이는 결과적으로 자기장 방정식이 생물학보다 찌르레기 무리를 훨씬 더 잘 기술할 수 있다는 것으로 판명되었다고 하나 아직

도 개운치 못한 해답은 찌르레기의 군무는 정말 초자연적 관점에서 본다면 인간의 과학적 해명에도 어딘가 모르게 개운치 못한 그 무엇이 남아 있다는 느낌을 지울 수 없다.

참 고 문 헌

Die Vogel Mitteleuropas. 2003. mit Sonderteil: Vogelarten Nord-und Sudeuropas Kosmos-naturklassiker.

송순창. 2005. 한반도조류도감. 김영사.

송순창. 2017. 한반도의 새(종합편). 한길사.

Verlag Paul. 1986. *Pareys Naturfuhrer Plus VOGEL Von Christopher Perrins*. Hamburg und Berlin.

Tirion-Baarn. 1987. *Tirions Vogelgids. Vertaling en bewerking*. James Ferguson-Lees Ian Willis.

Bird Sense by Tim Birkhead. 2012.

송순창. 2015. 세계 애완조류 도감. 대원사.

Noah Strycker. 2017. *The Thing with Feathers*. 62-4. 63-10. 64-66, 65, 87, 91.