



지스트(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시

배포 즉시 보도 부탁드립니다.

보도자료

홍보팀 김효정 팀장

062-715-2061 / 010-3644-0356

담당

홍보팀 이나영 선임행정원

062-715-2062 / 010-2008-2809

자료 문의

물리광과학과 김근영 교수

062-715-3648

국내 학부생들 참여 논문, 세계적인 과학잡지 ‘MIT 테크놀로지 리뷰’ 에 소개

- 지스트 김근영 교수 지도로 지스트대학 오상현 학생과 서울대 김준휘 학생이 저자로 참여
- 이공학 전공 학생들에게 필수적인 벡터 미적분학을 그래프를 통해 보다 쉽게 이해할 수 있게 하는 방법 개발

□ GIST(지스트, 총장 김기선) 학사과정인 지스트대학에 재학 중인 오상현 학생(물리전공 4학년)이 저자로 참여한 논문이 세계적인 과학잡지인 매사추세츠 공대 테크놀로지 리뷰(MIT Technology Review)*에 소개되었다.

* MIT Technology Review는 1899년 시작되어 일반 대중, 과학/공학 연구자, 정책 입안 및 재정 전문가를 대상으로 새로운 과학 기술을 소개하는 잡지로, 2011년 유튼 리더(Utne Reader)의 최고 과학/기술 분야 독립 신문 상(Independent Press Award)을 받았다. *<https://www.technologyreview.com/s/614704/>

□ 해당 논문은 “그래프적 표기법을 통한 벡터 미적분학(Boosting Vector Calculus with the Graphical Notation)”으로, 지스트 물리·광과학과 김근영 교수의 지도로 서울대학교 김준휘 학생(물리천문학부 3학년)과 지스트대학 오상현 학생(물리전공 4학년)이 함께 수행하였다.

○ 물리분야 온라인 논문 저장소인 arXiv*에 11월 3일 발표되었으며, 11월 13일에는 MIT Technology Review에 "How to turn the complex mathematics of vector calculus into simple pictures"로 소개되는 쾌거를 이뤘다.

* <https://arxiv.org/abs/1911.00892> arXiv는 논문을 저널에 정식으로 투고하기 전에 미리 논문의 내용을 전 세계 물리학자들에게 알리는 곳이다. 이 논문은 조만간 물리 교육 분야에서 가장 권위 있는 저널인 AJP(American Journal of Physics)에 투고될 예정이다.

- 저자들은 벡터 미적분학과 학부 물리학에서 다루는 여러 문제들을 통해 그래프적 표기법의 우수성을 입증했으며 이를 교육적 목적으로 참고/활용할 수 있도록 논문으로 정리하였다. 또한 물리학에서 활용되는 다른 그래프적 표기법 (Penrose Graphical Notation, Birdtracks, Feynman Diagram 등)을 포함한 전체적 맥락을 소개함으로써 본 연구의 위치와 중요성을 설명하였다.
- 이 연구에서 저자들은 이공학 전공 학생들에게 필수적인 벡터 미적분학을 수식이 아닌 그래프를 통해 보다 쉽게 이해할 수 있게 하는 방법을 개발하였다. 이것은 리처드 파인만(Richard P. Feynman, 1965년 노벨상 수상)이 수식으로 쓰면 복잡한 기본 입자의 상호작용을 그림을 통해 쉽게 이해하는 방법을 개발한 것과 비슷한 아이디어이다.
 - 이 논문에서 개발된 방법을 이용하면 많은 학생들이 벡터 미적분학을 좀 더 쉽게 이해하고 활용할 수 있을 뿐만 아니라 물리학에서 사용되는 여러가지 그래프적 표기법*에 대한 이해도 넓힐 수 있을 것으로 기대된다.

* 그래프적 표기법이란 점(node)과 선(line)으로 구성된 그래프를 이용한 표기 방법을 의미한다. 전통적인 첨자표기법에서는 벡터와 텐서의 성분을 첨자로 나타내지만, 그래프적 표기법에서는 첨자 대신 선을 사용하므로 식의 전체적인 구조를 그림으로 파악하기 쉽다.

- 김근영 교수는 “본 연구는 주제와 내용도 우수하지만 오상현, 김준휘 두 학생이 독창적으로 아이디어를 내고 주도적으로 연구를 이끌어 간 공동연구의 가장 우수한 모범 사례들 중 하나로 꼽힐 것”이라면서 “특히 학부 학생들이 모든 면에서 주체적이고 완성도가 높은 연구를 하는 것은 아주 이례적”이라고 평했다.
- 지스트대학 오상현 학생은 “지스트의 자유로운 분위기와 창의인재 육성을 위한 다양한 교육프로그램 덕분에 전통적인 첨자 표기법이 아닌, 비교적 잘 알려지지 않은 그래프적 표기법에 대해 관심을 갖고 연구를 수행하며 논문을 쓸 수 있었다”라고 말했다.
- 서울대 김준휘 학생은 “어릴 적부터 수리물리와 상대론의 첨자 계산을 즐겨왔었는데, 고등학교 3학년 때 읽은 책에서 그 그래프적 표기법을 접하고 공감각적인 영감을 받았다”면서 “본 프로젝트에서 그것을 교육적으로 활용해 보며 오상현 학생과 서로 시너지를 주고받고 교육에 대한 가치관도 공유하는 유쾌

한 경험을 했다"고 말했다.

- 한편 지스트대학의 오상현 학생은 현재 칼텍에 교환 학생으로 파견되어 정규 학기를 수강하고 있으며, 필립 홉킨스(Philip Hopkins) 교수의 지도 하에 ‘우주 재이온화 시기에 따른 위성은하 형성 시뮬레이션 분석’ 관련 연구를 수행하고 있다. <끝>

[그림 및 사진 설명]

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 j & i & \\
 \diagdown & & / \\
 & k & \\
 / & & \diagdown \\
 l & & m
 \end{array}
 =
 \begin{array}{ccc}
 j & i & \\
 \diagdown & / & \\
 & & \\
 / & \diagdown & \\
 l & & m
 \end{array}
 -
 \begin{array}{ccc}
 j & i & \\
 | & & | \\
 l & & m
 \end{array}
 \\
 \Downarrow \\
 \epsilon_{ijk}\epsilon_{klm} = \delta_{jm}\delta_{il} - \delta_{jl}\delta_{im}
 \end{array}$$

[그림 1] 입실론 텐서 항등식의 그래프적 표기와 첨자적 표기. 그래프적 표기법은 첨자적 표기법에 일대일로 대응하지만, 첨자를 일일이 명시할 필요가 없고 항들 간의 관계가 그래프로 나타나 있어 전체적인 구조를 파악하기에 용이하다.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \text{Graphical representation of } \nabla \times (\nabla \times \vec{A}) \\
 \text{using epsilon tensors}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \text{Graphical representation of } \nabla \times (\nabla \times \vec{A}) \\
 \text{using Kronecker deltas}
 \end{array}
 \\
 \Downarrow \\
 \nabla \times (\nabla \times \vec{A}) = \partial_l (\partial_i A_j) \epsilon_{ijk} \epsilon_{lkm} \hat{e}_m \\
 = \partial_l (\partial_i A_j) (\delta_{im} \delta_{jl} - \delta_{il} \delta_{jm}) \hat{e}_m \\
 = \partial_l (\partial_m A_l) \hat{e}_m - \partial_l (\partial_l A_m) \hat{e}_m \\
 = \partial_m (\nabla \cdot \vec{A}) \hat{e}_m - \nabla^2 A_m \hat{e}_m \\
 = \nabla (\nabla \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}
 \end{array}$$

[그림 2] 그래프적 표기법과 첨자적 표기법을 사용한 한 벡터 항등식의 증명. 동일한 증명임에도 불구하고 첨자 표기법을 활용할 경우 계산과정이 다소 길고 복잡한 데 비해, 그래프적 표기법을 사용하면 더 빠르고 간편하게 계산할 수 있는 것을 확인할 수 있다.



[사진] 왼쪽부터 오상현 학생(지스트대학), 김준휘 학생(서울대), 김근영 교수(지스트)