

力間の関係の外化を用いた力学学習支援システムの開発とその実験的利用

篠原 智哉*, 佐々木 一真*, 平嶋 宗*

Development and Experimental Use of Support System for Physics Learning with Externalization of Relationship between Forces

Tomoya SHINOHARA*, Kazuma SASAKI*, Tsukasa HIRASHIMA*

To solve physics problems, it is important for learners to find not only acting forces but also relationships between these forces. However, in usual problem solving, because learners are not required to represent relations between forces, diagnosis and correction for mistakes in the relations are difficult. For this difficulty, "Externalization" is a promising approach. Based on these considerations, we have proposed a method to externalize forces and relationships between forces that learners find in order to solve physics problem. In this paper, we describe an external expression to realize this externalization, and introduce a support system developed to realize this externalization. We also report an experimental use of this system as a preliminary one.

キーワード：力学，外化，誤り診断，フィードバック，力の作図

1. はじめに

力学問題での問題の理解とは、その問題が対象としている系に存在している物理的な属性と、その属性間の関係に関する理解と捉えることができる。特にその中でも、系にはたらく力の存在とそれらの力間関係の理解は解法の適用過程に大きく影響を与えるため、重要な役割を果たしているといえ⁽¹⁾⁽²⁾、またこれらの理解に対する誤りも多い^{(2)~(4)}。一方で、この力や力間関係に関する理解は通常の問題解決やそこでの解答では明らかにならない場合も多く、誤りの確認・修正は容易とはいえない。

このような困難さに対し、学習者に外化を行わせるという方法が考えられる。外化とは自分の知識や理解を文章や図表などで表現することであり、対象の理解やメタ認知的気づきの促進に関して効果があると報告されている^{(5)~(7)}。例えば中学校や高校の力学におい

て、物体系にはたらく力を矢印で作図させることが多いが、これは力の存在に関する理解の外化の一つであるということができ、この意味での理解の外化はすでに行われているといえることができる。一方、このような形態の外化においては(1)外化に対するフィードバック(2)力の持つ意味や関係の外化、の二つが課題となる。

まず、フィードバックをどのように与えるのか、という課題は外化の学習効果を向上させるうえで常に発生する問題であり、計算機による支援が一つの解決策として多くの研究で採用されている^{(8)~(10)}。

もう一つの課題は力の存在だけでなく、力の意味や力間関係も外化の対象としなければならないという点である。これまでにも、力学における外化の研究はいくつか行われており、例えばChi^{(11)~(13)}は力学の例題学習を取り扱い、学習者に例題学習中に考えていること全般の発話による外化を行わせている。これら

* 広島大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Hiroshima University)

受付日：2013年11月26日；再受付日：2014年4月29日；採録日：2014年6月25日