

12 回連載 ショートレクチャー

論文作成・プレゼンに役立つ

技術文章の書き方

塚本真也（岡山大学教授）

第 1 1 講「論文賞が獲得できる発想法」



1. 研究に不可欠な創造力

論文は、体裁、漢字表記、文章表現などの見栄えも不可欠だが、最終的には研究成果の独創性と斬新性で評価される。本講では、独創的で斬新な研究成果を獲得するための発想法を紹介しよう。

本学工学部では、平成 12 年から、図 1 のハシゴ教育＝「発想法による体系的な創造力教育¹⁾」を展開してきた。

ここでは、学会から評価された「研削加工の計測技術²⁾」に関する私どもの論文を取り上げて、その研究成果を発想法の観点から解説している。是非、若手技術者と学生は、論文賞が獲得できる研究を推進するための一助にしていきたい。

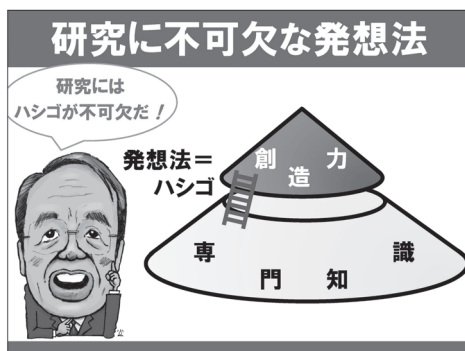


図 1 研究に不可欠な発想法

つかもと・しんや
岡山大学大学院自然科学研究科教授
〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1
tukamoto@mech.okayama-u.ac.jp

2. 新技術が開発できる発想法

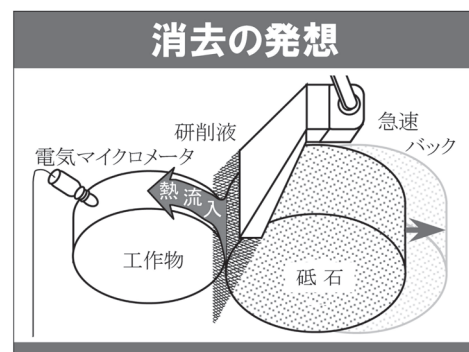
図 2 は、私が岡山大学助手に赴任して最初に取り組んだ 30 年前の研究³⁾である。

当時、円筒研削の工作物熱変形量を定量的に測定する方法は開発されていなかった。私は、そのとき次のように思考した。

工作物は、研削で半径が減少し、一方、流入する研削熱で半径が増加する。図示の電気マイクロメータは、この相反する 2 つの現象を同時に測定しているために、熱変形量が単独では分離できない。

すると、両者が重畳している状態で、熱膨張による半径増加＝熱変形量だけを測定するには、一方の研削による半径減少を停止してやればよいはずだ。

具体的には、研削中に砥石を急速バックすることで、研削による半径減少をゼロにする。その後も工作物は冷却されて収縮するので、その収缩量＝熱変形量を電気マイ

図 2 消去の発想で熱変形量の測定³⁾

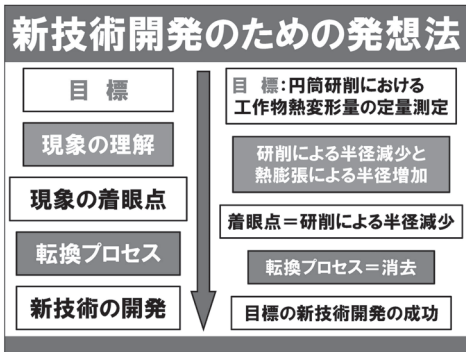


図3 新技術開発のための発想法

クロメータで測定することが可能となる。

体系化した拙著の発想法¹⁾によれば、これは図3の「新技術開発のための発想法」であるのが分かる。新技術開発のためには、当然、「目標」を最初に設定する。本研究の場合、目標は「円筒研削における工作物熱変形量の定量測定技術の確立」となる。

次は「現象の理解」に進む。ここでは、研削による半径減少と熱膨張による半径増加が同時に発生する現象を深く理解すべきである。図示の発想法で一番肝心なのは、「現象の着眼点」と「転換プロセス」だ。

本研究では、着眼点を「研削による半径減少」の現象におき、転換プロセスとして、その現象を砥石の急速バックによって「ゼロ」＝「消去」している。この「消去」の転換プロセスによって、工作物熱変形量だけを単独で測定することが可能となり、目標の新技術開発に成功したことが分かる。

表1に、この発想法の転換プロセスを示す。これらの転換プロセスは発明・発見において出現する多様な思考法を8種類にまとめたものである¹⁾。

前述の開発技術は、円筒研削で熱変形量を定量的に初めて測定したものがあるが、研削を停止するため、加工中の熱変形量の変化をインプロセス測定することはできない。

当時の私は、工作物が研削で半径減少す

表1 発想法の転換プロセス

転換プロセスの種類	
転換プロセス	具体的な転換内容
増 長	増加, 増大, 拡大, 延長, 膨張, 高速化
縮 減	減少, 低減, 縮小, 短縮, 収縮, 低速化
複数化	1個しかないものを複数化・細分化
破 壊	概念を破壊して別概念へ転換
逆 転	逆転, 入れ替え, 交換, 回転
定義変換	定義の変換, 定義を変えること
消 去	概念自体を消去すること, 概念の除外
組み合わせ	転換プロセスを複数組み合わせる

ると同時に、熱膨張で半径が増加するため、熱変形量だけを研削中にインプロセス測定するのは不可能だと思い込んでいた。

しかし、科学技術の進歩は、不可能を可能たらしめてきたのも事実だ。もしかしたら、これは不可能ではないかもしれない。発想法を適用して、もう一度、チャレンジしてみようと、考えたのである。

図4に、そのときの発想法を示す。目標は、「円筒研削における熱変形量のインプロセス測定技術」を開発することである。現象の理解に関しては当然、図3とは異なる思考を展開しなければならない。

そこで、頭の中にイメージとして、研削で半径が減少する工作物と、それとは別の熱膨張で半径が増加する工作物の2つを描いてみる。すると、着眼点の「工作物は1つだ」の概念、すなわち従来の強固な固定概念として当たり前であった1つだけの工

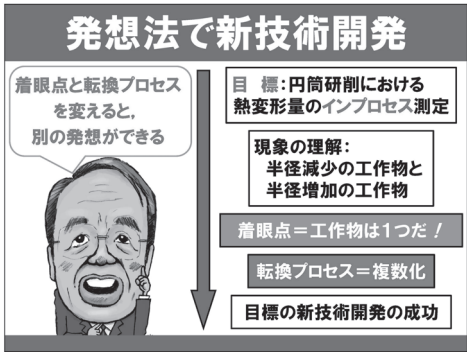
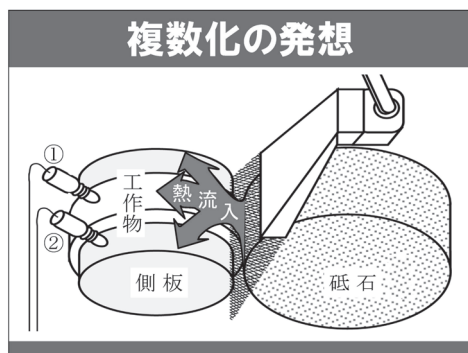


図4 発想法で新技術開発

図5 複数化の発想で新測定法の開発⁴⁾

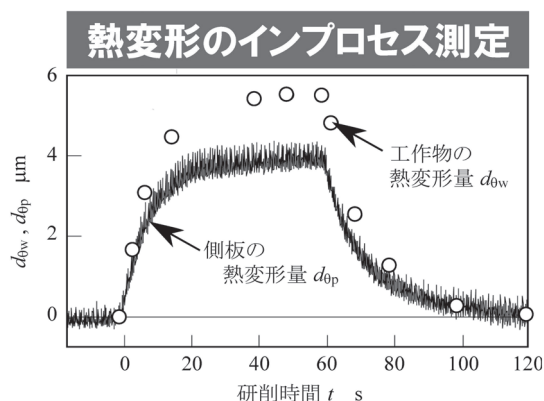
工作物の概念が破棄され、イメージどおりに工作物を「複数化」できれば、熱変形量のインプロセス測定は可能となるはずだ。

ここまで思考が導かれたとき、図5の新測定法⁴⁾に到達した。工作物の両端に砥石に接触しない側板を設けると、側板は研削されないで半径が減少せず、しかも研削中に工作物を經由して熱が側板へ流入するので、熱膨張によって半径が増加する。

すなわち、前述の複数化の発想によって、研削による半径減少をゼロにし、しかも熱膨張による半径増加だけが出現する箇所を工作物上に創り出せたのである。

もっとも、側板の熱変形量は工作物熱変形量とは一致しないのは確実だろう。とはいっても、同じ材質なのだから、両者に緊密な相関があるのは容易に予想できる。

それを確認したのが、図6のインプロセ

図6 熱変形量のインプロセス測定⁴⁾

ス測定データ⁴⁾である。砥石の急速バック法で測定した工作物熱の変形量と側板の熱変形量には完全な比例関係が存在する。

つまり、側板の熱変形量を測定することで、工作物の熱変形量を定量的にインプロセス測定したのと同じことになる。

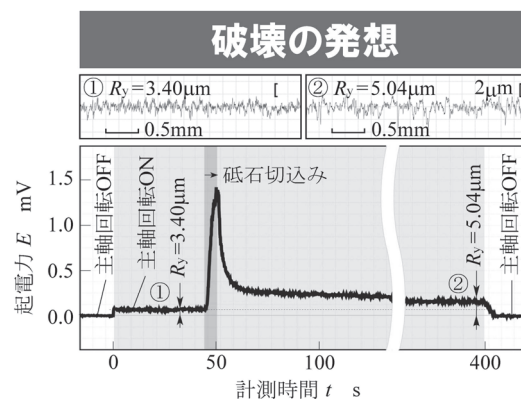
3. 新現象が発見できる発想法

図7は、研究スタッフの准教授大橋一仁が発見した新現象である。このデータは、図8の熱電対式の工作物表面温度計⁵⁾で学生が測定したものだが、実験を何度繰り返しても、①と②の温度は同値の室温になるはずなのに、明白な差が生じてしまう。

学生は思いあぐねて、相談にきたのである。「先生、同じ温度になるはずの工作物の最初と最後の表面温度が違うのです。実験をどこで間違ったのか分かりません」。

大橋は、このデータを見て「これは、大発見だ。温度計で表面粗さが測定できるよ」と図7に隠された新現象を看破した。

図9で、そのときの発想法を解説しよう。前述の新技术開発の図3と図4では、現象の理解が重要だと強調した。しかし、新現象発見の発想法では、「現象」の箇所は「モデル」に置き換えている。なぜなら、従来までの現象の理解つまりモデルが実は間

図7 表面温度が変化する奇妙な現象⁶⁾

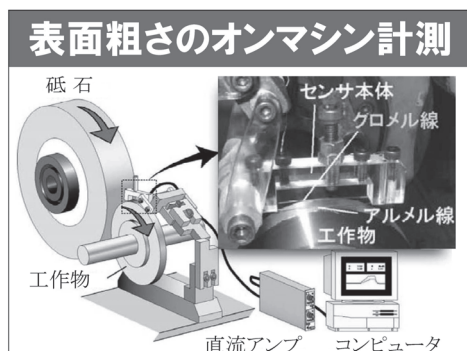


図8 温度計で表面粗さオンマシン計測⁶⁾
 違っているために、このモデルで説明できない現象を奇妙な現象だと感じるからだ。

では、「モデルの理解」から発想法をスタートさせよう。本研究のモデルは「表面温度計⁵⁾」である。図8に示すように、この表面温度計は熱電対で構成されていて、研削加工中の工作物に接触することで、表面温度をインプロセスで測定する。

次に、「モデルの着眼点」として、熱電対線の接触点に着眼して、図7の主軸回転OFFに対する主軸回転ONにおける①と②の摩擦温度が異なる原因を探る。

推理をこの段階まで推し進めると、読者も前述の摩擦温度の疑問は氷解するだろう。

「摩擦温度が異なるのは、工作物の表面粗さが変化したためだ」。

表面粗さを確認すると、図7上部のように、②のほうが、大きな値になっていた。発想力の乏しい研究者ならば、その段階で、

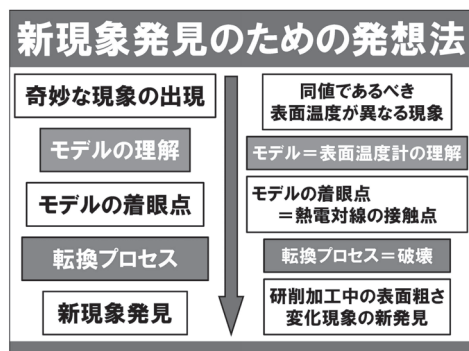


図9 新現象発見のための発想法

「①と②の粗さが同じになるように、実験を再開せよ」と学生に命じるかもしれない。しかし、発想力に優れた研究者は、図9の「破壊」の転換プロセスに進むのである。

「そうだ、温度計は工作物の表面温度を測るのではなく、工作物の表面粗さの変化を測定しているのだ」。

このユニークな新現象発見によって、図8の「表面粗さのオンマシン計測」の独創的で斬新な新技術が開発されたのである。

4. 体系的な発想訓練のすすめ

図10は、本学の授業で実施している発想訓練プログラムである。論文賞を狙う若手技術者と学生は、発想訓練法を詳述している拙著「創造力育成の方法¹⁾」を用いて、自主トレーニングを開始いただきたい。



図10 体系的な発想訓練

5. 参考文献

- 1) 塚本真也：創造力育成の方法，森北出版，(2003)。
- 2) 塚本真也，大橋一仁，藤原貴典：研削加工の計測技術，養賢堂，(2005)。
- 3) 中島利勝，塚本真也，原田 真：研削熱による変形が寸法生成過程に及ぼす影響の研究，精密機械，51，8，(1985)1588。
- 4) 中島利勝，塚本真也，吉田祥司，石橋真一：熱変形量インプロセス予測システムと寸法誤差ゼロ研削法の提案，砥粒加工学会誌，44，6，(2000)276。
- 5) 中島利勝，塚本真也，吉川満雄：水溶性研削油剤の作用に関する研究（第3報），精密工学会誌，54，2，(1988)414。
- 6) 大橋一仁，永田 龍，塚本真也，長谷川裕之：熱電効果を利用した円筒研面粗さの高速オンマシン測定法，砥粒加工学会誌，52，12，(2008)724。