\chapter{Introduction}

\label{chap01}

This chapter describes the background, objectives, contributions, and structure of this study.

\section{Background and Objective}

In the modern era, to cope with the increasing complexity and scale of scientific research problems, multiple researchers are now working together, and sharing research problems and results has become essential. For this purpose, various means of scholarly communication have been proposed and utilized. For example, academics established academic journals and conferences as standard scholarly communication methods in the past few decades. The number of media and events for such communication has grown to a vast number and scale. In this climate, academic research has been shared and disseminated mainly within the academic community.

Recently, however, there has been much talk about rethinking the value of scientific research. In the past, the research value was assessed by the researcher's discovering and creating unknown knowledge and the direct stakeholder's utilizing the research results to create secondary value. The value of research given in this way reflects only the perspective of a narrow community of stakeholders, which may diverge from the socially accepted notion of research value. Such a phenomenon can interfere with empathy between the academic community and society and induce obstacles to scientific research's smooth planning and progress. In this reason, many have advocated the need to expand the scope of research evaluators and incorporate the perspectives of various members of society into the evaluation process. In response to this challenge, people are now focusing on various communication activities that reflect the social interest in research and the channels through which they appear. For example, in the mass media, scientific research has been communicated to the general public through newspaper articles and television broadcasts of news and documentaries. On the other hand, recently, with the activation of social networking services, stakeholders in research and non-specialists in research have been referring to research on various new platforms such as blogs, Facebook, and Twitter, accelerating the dissemination and discussion of scientific research in society.

There have been various attempts to estimate the effects of such broad science communication surrounding research. As academic publishing and communication moved online, Usage metrics based on downloads and views, and Webometrics based on web links were proposed. Since 2010, the usefulness of Altmetrics, a new metric based on communication activities and interactions on various social media, has been proposed \cite{3}. The word "Altmetrics" is a combination of the words "alternative" and "metrics", although, in general, the issues and approaches addressed by Altmetrics are different from those of bibliometrics, and are not alternative concepts\cite{2}. Altmetrics are often considered more transparent than bibliometrics and webometrics. They provide a quicker and more real-time view of impact, are accessible to all, cover non-academic audiences, and can encompass a wider variety of research outputs and sources\cite{4}. One of the widely accepted Altmetrics, Altmetric Attention Score (AAS), provided by altmetric.com, offers a broad measure of an article's value by comprehensively considering the number of times an academic article is mentioned in various popular communication sources including social media. The AAS provides a broad measure of the value of an article.

On the other hand, as the Web and the media develop, various communication formats have emerged in academia. Also, in the early 2000s, electronic scholarly communication was proactively used in informal communication, cooperation, publication and dissemination of results, and relationship building among academics\cite{6}. The Web provides an opportunity to distribute and share a wide range of atypical content in science. The use of non-standard electronic media such as diagrams, presentations, and videos is increasing in research and education. Among them, communication using online academic videos, a relatively new method, has been recognized as useful because of its ease of dynamic expression compared to other media. For example, online video could be useful for academic purpose in the arts and humanities, such as dance and film, where human motion is essential. Video recordings of elaborate scientific research demonstrations, scientific documentaries, and lectures may be more effective than text for explaining the scientific experience. For example, online videos can effectively communicate scientific methodologies, protocols, research results, and market educational and volunteer activities. In response to reports of the effectiveness of such online video-based scientific communication, the use of online video is expanding in academia as well. For example, Nature and Cell, the well-known journals, proactively encourage accepted papers to submit videos that introduce the research topic and results, which are published in a dedicated section for online videos on the journal's website. Journal of Visualized Experiments, a journal for videos of experiments mainly in life sciences, has pioneered and established a new journal format, the online video journal. Also, some conference proceedings, mainly in the media field, hold presentations focusing on video works.

Furthermore, online academic videos are not limited to the academic community but are also being actively published on popular platforms, such as YouTube, founded in 2005 and the second most visited website in the world after Google. It is the second most visited website in the world after Google. While people mainly use YouTube for entertainment purposes such as music and comedy, some academics have been distributing their academic work online since the foundation of YouTube. For example, videos of renowned scientist Stephen Hawking's lectures on the universe (youtube.com/watch?v=xjBIsp8mS-c) and a physics lecture recorded at MIT (youtube.com/watch?v=sJG-rXBbmCc), both released online almost as soon as YouTube was founded, have been viewed about 6.5 million times and 5 million times respectively. For another example, Science, a well-known academic journal, has been running a YouTube channel since 2008 and has released videos introducing some of the research published in the journal. Such efforts enable the journal to produce and distribute videos to explain and socially disseminate complex research to those involved.

With these reports on the use and effectiveness of online academic videos, it is believed that video production and publication are becoming a worthy investment of research resources for academics. For videos that mention the URL of Science journals on YouTube, fig1.1 shows the estimated number of new videos that mention Science journal articles and other new videos. The number of videos mentioning articles is the number of results obtained by searching YouTube queries in the literature browsing domain (science.sciencemag.org/content), and the number of other videos is the balance between the number of results searched in the main page domain (science.sciencemag.org) and the number of videos mentioning the article. The figure implies that the numbers of videos mentioning articles and other videos related to Science on YouTube have been increasing trendily since the foundation of YouTube until the most recent year, 2019.

\begin{figure}[tbp].

\begin{center}

\includegraphics[width=10cm]{pics/fig1-1.jpg}

\end{center}

\caption{Estimated number of new YouTube videos mentioning Science Magazine}

\label{fig1-1}

\end{figure}

However, there is a significant lack of research on the impact of online academic videos on the value of research, which should be discussed in the process of investing in video production. Suppose it is acknowledged that online academic videos have a significant effect on research value, i.e., citation count and the level of public attention. In that case, it could provide a rationale for investing in video production and publication of research resources. On the other hand, if it could be confirmed that there are differences in the impact of academic video depending on the characteristics of the research, such as the field of research, researchers, and publication sources, this can provide support for understanding what kind of research to which video can effectively contribute. Thus, understanding the interaction between research and online academic videos is crucial in designing effective communication through academic videos. Furthermore, if it is possible to classify online academic videos, which are an atypical communication method, by extracting their characteristics, making proposals on the content of videos for effective communication will be possible.

In this study, we propose a method to assess academic videos' impact on citation counts and Altmetrics of academic papers. Specifically, we prepare a large dataset of academic articles in specific research fields and collect YouTube videos that mention the articles in the title or description as article-mentioning-videos. As a control group for the articles with mentioning-videos, we sample the articles without mentioning-videos with the same quality as the articles with mentioning-videos using our original homogenization method. We then test for the difference in the populations of origin for the citation count and AAS distributions of the two article groups to verify article-mentioning-videos' effectiveness. Next, based on the qualitative analysis of the large number of academic videos collected, we define the taxonomy of "the purpose of article mention" for the video method and identify the effective video method by comparing the distribution of citation counts and AAS among the articles with mentioning-videos divided along with the label. Finally, we propose the "YouTube score," an article index representing the article's popularity on YouTube and verify that the YouTube score is a leading indicator that saturates earlier than citation count. We then perform a regression analysis between the YouTube scores and citation counts for article groups mentioned by each video group divided by the video method, followed by identifying the video group that shows a significant correlation, estimating its label as an effective video method for predicting the future citation counts using the YouTube scores. This method allows researchers to predict future citation count from the YouTube scores of articles and evaluate the academic impact of articles in the early stage of publication.

To evaluate the proposed method, we conducted experiments using academic paper datasets in two broad fields: mathematical and computer sciences, and life and earth sciences. We sampled the papers without videos against the papers with videos and tested that the citation counts and AAS distributions between the two groups originated from different populations, finding a significant effect of article-mentioning-video. Also, categorizing videos by labelling the purpose of article mention, we confirmed the differences in citation counts and AAS distribution by the video method and identified the effective video methods for each indicator. Furthermore, we verified that the YouTube score saturates earlier than citation count, and extracted some video methods with a significant correlation between the YouTube score and the citation count, suggesting the possibility of predicting future citation counts based on the YouTube score of early-stage papers.

Using this method, researchers can allocate limited research resources to video production and video design based on quantitative evidence. Furthermore, it is possible to predict citation counts in the future based on the YouTube score by releasing YouTube videos in the methods with significant prediction accuracy for papers in the early stages of publication, which will accelerate the evaluation of research stakeholders and help build a research portfolio.

\section{Contributions}

The contributions of this study are as follows.

First, this study was able to verify and quantitatively analyze that YouTube videos mentioning academic literature have a significant impact on citation counts and Altmetrics of the literature. The results verified that science communication on YouTube contributes to the research's academic and social attention and made it possible to evaluate the effect of such communication quantitatively.

Next, we proposed a taxonomy of the purpose of mentioning on YouTube and quantitatively analyzed and compared distributions of citation counts and Altmetrics for each article group divided by the videos' labels. The results allow us to provide a quantitative ground for selecting video methods that could more effectively contribute to the article's citation count and Altmetrics.

Finally, we verified that the YouTube score, a proposed measure of the popularity of an article on YouTube, is a leading indicator that saturates earlier than citation count. As a result of the regression analysis between two indicators, we identified the labels that showed a significant correlation between them. The results enable us to estimate the video method that effectively predicts future citation counts using the YouTube score for articles in the early stages of publication.

Based on the above, the contribution of this study can be summarized as follows.

\begin{itemize}

\item We verified and quantitatively analyzed that YouTube videos mentioning academic papers have a significant impact on citation count and Altmetrics of the papers.

\item We confirmed the differences in the video's impact on citation count and Altmetrics by the purpose of mentioning and identified effective purposes of mentioning.

\item We proposed an indicator for the popularity of papers on YouTube and partially estimated the video method that effectively predicts the future citation counts using the said indicator for papers in the early stage of publication.

\end{itemize}

\section{Structure}

Chapter 2 provides the related works and significance of this study. Chapter 3 presents our method for verifying and measuring YouTube videos' impact on citation counts and Altmetrics of papers and predicting citation counts using the videos. Chapter 4 describes the dataset used in the experiment and show the experimental results of the method proposed in the previous chapter. In Chapter 5, based on the results, we discuss the trends of article-mentioning videos on YouTube and some points that should be considered when using our proposed method. Chapter 6 presents the conclusions and future works of this study.

\chapter{Related works}

\label{chap02}

本章では，本研究における提案手法によってユーチューブ上の論文言及動画が論文に与える影響を計量するにあたり，関連する他の研究について述べ，既存研究の中における本研究の位置付け及び意義を述べる．具体的には，まずユーチューブ上での科学コミュニケーションの人気度に影響を与える様々な要素に関する先行研究について述べ，本研究で動画方式を考慮する必要性について述べる．次に，ユーチューブ上の論文言及動画が論文の被引用数及びオルトメトリクスに与える影響を把握するにあたって，その土台となる非定型的な科学コミュニケーションが科学研究に与える影響に関する先行研究について説明する．

\section{ユーチューブ上での科学コミュニケーションの人気に影響を与える要素}

\label{sec2-1}

ユーチューブ動画の社会への影響力は動画の人気度に依存すると言える．ユーチューブを用いた専門家向けの動画コミュニケーションは萌芽的なコミュニケーション手法であり，その人気を左右する要素に関する研究が不足している．しかし非専門家を対象とし，科学的知識を用いたエンターテインメントコンテンツとしての科学コミュニケーションは，ユーチューブ動画のジャンルの一つとして定着しており，このような動画の人気度は多くの研究で取り扱われてきた．本項ではユーチューブ上での専門家及び非専門家向けの科学コミュニケーション動画の人気度に影響する要素に関する既存研究について説明する．

まず，非内容的(content-agnostic factors)要素の観点から見ると，Burgess\cite{22}，Juhasz\cite{23}，Yoganarasimhan\cite{24}の研究は，科学コミュニケーションチャンネルのソーシャルネットワークが，動画及びチャンネルの人気度に影響を与える要素であると報告している．Craneら\cite{25}は，科学コミュニケーション動画を質的に三つに分類した結果，各カテゴリーから独特なビュー数履歴の分布を確認し，動画の質がビュー数の成長に影響することを示している．更にFigueiredoら\cite{26}は，Craneらの研究での上質動画グループが，一日から一週間といった単位の期間中において大量の新規ビュー数を上げていることに対し，その他のグループは複数の小規模なピークの新規ビュー数を記録することを確認している．この現象はユーチューブ動画推薦システムにおける’rich-get-richer’効果\cite{26}及びチャンネルのソーシャルネットワーク\cite{24}と関係していることが指摘されている\cite{21}．しかしチャンネルによっては’friends’や’featured channels’リストを公開しないケースや，ユーチューブとSNSプラットフォーム間の明示的なネットワーク化が難しい点から\cite{24}，ユーチューブを取り巻くソーシャルネットワークの分析には課題が大きい．科学コミュニケーションチャンネルに対するソーシャルネットワーク分析は本研究の範囲外ではあるが，ユーチューブチャンネルの人気度に関する全般的な理解に重要であることは明らかである．

一方で，動画の内容的要素(content factors)はユーチューブコミュニティーにおける広範囲な人気度を最も説明しやすい要素であると見られる\cite{21}．ここでの広範囲な人気度とは，ニッチな聴衆の間における小範囲な人気度とは反対の，あらゆる背景を持つ視聴者間での人気度を意味する．Figueiredoら\cite{26}の研究では，より多くの実験参加者の興味を引いたトピック及びコンテンツを取り扱う動画が，実際により高い人気度を表していることを示した．このことから，動画の人気度を決定する要因を理解するにあたり，動画の内容的要素を考慮することは肝要である．

ユーチューブにおける科学コミュニケーションに関する多くの研究は，情報の真偽の評価に焦点を当てており，トピックによっては動画の人気度に影響を与える傾向を確認している．Keelanら\cite{28}は，予防接種に関する153本の動画に対し，口調(tone)をpositive, ambiguous, negativeに分類した結果，negative動画の45\%に誤報が含まれているに関わらず，negative動画がpositive動画より高いビュー数及び評価を受けていることがわかった．一方，Sood\cite{29}らは腎結石に関する199本の動画を分析し，誤報を含む動画の方よりそうでない動画の方が高いビュー数を記録していることを報告した．又，その他の諸研究\cite{30,31,32,33}では動画のビュー数及び評価と内容の真偽の間で統計的に有意な差を見出していない．

更には，チャンネルのタイプもユーチューブ動画の人気度に関する研究において注目されている．商業的マーケティング向けのProfessionally generated channels（以下PGC）は，そうでない一般的なUser-generated channels（以下UGC）に比べ，より豊富な経済的資源を保有していると考えられる．これを受け，Kim\cite{34}はPGCが配信する高費用動画の大量生産が，UGCコミュニティーを崩壊させる恐れがあることを指摘した．しかしユーチュブコンテンツはチャンネルの動画数よりは動画のビューと魅力によって決まり，チャンネルは依然としてユーチューブコミュニティーの興味を引くコンテンツを配信しなければならない\cite{21}．エビデンスは弱いが，UGCがPGCより人気が高い主張も存在する．Lorencら\cite{35}は購読者数において最上位の241個チャンネルを検討し，最大68\%の動画はUGCが配信しており，PGCの動画が多かった動画ジャンルは音楽のみであることを確認した．科学コミュニケーション動画に的を絞れば，Loら\cite{36}はテンカンに関する動画を調べた結果，UGCのコンテンツがPGCより高いビュー数，コメント数，評価を受けていることがわかり，特にコメントに関して，UGCがPGCより動画製作者と視聴者間のコミュニケーションが活発であることを示した．Welbourneらの研究では，人気度最上位の科学コミュニケーションチャンネル39個に関して分析した結果，動画数はPCGが多いが，総合的な人気度はUCGが圧倒的に優位にあることを示す一方，PCGやUCGに関わらず情報伝達が速い動画が高いビュー数を取得していることを確認した．更に，固定的な話者の存在は動画のビュー数に大いに貢献することを指摘している\cite{21}．

一方，ユーチューブ学術動画がどのような目的で配信され，どのようなトピックを取り扱っているかは，動画がターゲットとする視聴者の特性や期待するインパクトを理解する上で重要な要素である．Thelwallら\cite{51}は589人の科学者及び学術関係者のツイートが言及する4282本のユーチューブ動画から，ランダムサンプリングされた100本とビュー数においてトップの100本の動画を選定し，動画の目的，フォーマット，並びに関連分野を定性的に分類している．特に本研究での手法と深く関係している，動画の発信目的に関する分類法と所属する動画数を図\ref{fig2-1}に示す．図\ref{fig2-1}をみると，最も大きい割合を占める動画の目的は，ビュー数トップ動画の中では一般人コミュニティー内での研究の拡散，ランダム動画の中では科学的デモンストレーションであり，教育的目的の動画も両グループで比較的に多数発見された．著者は結論で，人気の高い動画は主に加工された一般人向けの動画であるが，ほとんどの学術動画対してその視聴者は非常に少ないことから，ビュー数の確保のみを目的とする動画制作は合理的でないと述べている．

\begin{figure}[tbp]

\begin{center}

\includegraphics[width=14cm]{pics/fig2-1.jpg}

\end{center}

\caption[ユーチューブ学術動画の目的に関する分類]{ユーチューブ学術動画の目的に関する分類\cite{51}}

\label{fig2-1}

\end{figure}

以上のような知見から，学術動画の製作する多くの者は，想定する動画の視聴者に関して専門家と非専門家を予め区分していると考えられる．本研究で取り扱う論文言及動画は，タイトル又は説明文で論文を明記していることから，動画制作者は科学研究における専門家及び関係者を意識している可能性があると考えられる．そこで本研究では，科学者及び学術関係者が言及するユーチューブ動画についてThelwallら\cite{51}が提案した科学コミュニケーション動画の発信目的に関する分類法に着目し，動画が論文を言及することで視聴者に対してどのような効果を期待しているかを表す動画の論文言及目的に関する分類法を提案する．本分類法に基づき，論文言及動画がその目的によって被引用数及びAASへインパクトがどのように異なるかを確認する．

\section{非定型的な科学コミュニケーションが科学研究のインパクトに与える影響}

次に，様々な非定型的な科学コミュニケーションメディアにおける活動が，科学研究の学術的及び社会的インパクトに与える影響に関する研究について述べる．

\subsection{オンライン学術動画}

TEDトーク動画の多くは科学及び技術のトピックを取り扱っており，科学コミュニケーションの効果的な手段として考えられている\cite{37}．Sugimotoら\cite{38}が行った研究では，TED動画の被引用数は同動画のユーチューブ上のビュー数及びTEDウェブサイト上のビュー数と相関を見せていないことから，TEDトークのインパクトは学界よりは大衆の領域を対象にしていると述べている．また彼らはTEDトークの発表者の特徴と彼らの研究の被引用数の関係性を分析した結果，77\%以上の発表者が平均値以上の被引用数を受けていることを確認した．これに関する主たる原因として，発表者の74\%は世界最上位200所の大学の研究機関に所属しており，TEDトークと関係なく影響力の大きい学者であることを指摘している\cite{39}．

一方，科学研究の概要動画(Video abstract)の制作及び公開への取り組みが増えていることを受け，概要動画が被引用数に及ぼす影響に関する研究も行われた．Spicerの概要動画に関するレビュー論稿で，New Journal of Physics誌に掲載された56本の学術文献の概要動画に対して分析を行った結果，ユーチューブ動画のビュー数はジャーナルウェブサイト上の動画のビュー数，及び文献のビュー数と適度の正の相関をなしており，ジャーナルウェブサイト上の動画のビュー数と文献のビュー数間には強い正の相関が見られることを報告している\cite{40}．またReesらは，概要動画のビュー数と学術文献の全文(Full-paper)ビュー数間に弱い正の相関があることを示し，更に62本の学術文献に対する対照試験から，概要動画を保有する文献群とそうでない文献群間には被引用数の平均値に有意な差がないことを確認している\cite{41}．一方でReesらの研究を受け，ZongらはNew Journals of Physics誌の7年間の出版物から，概要動画の有しない任意の351本の学術文献に対しコホート研究を行った結果，概要動画を有する文献はそうでない文献より1.206倍高い被引用数が期待されると報告している\cite{42}．

以上のような既存研究の知見を踏まえて，本研究では今まで研究対象とされていない論文言及ユーチューブ動画を対象として，学術文献の被引用数へのインパクトを評価する．具体的には，論文言及ユーチューブ動画の保有する論文群に対して，同等の質を担保する動画未保有論文群を均質化手法を用いてサンプリングし，両論文群の被引用数及びAAS分布を比較することで，論文言及ユーチューブ動画の公開の有効性を検出する．更に，提案した論文言及目的の分類法に基づいて動画を保有する論文を分割し，各論文群の被引用数及びAASを比較分析することで，それぞれの論文指標に向けて特に効果的と判断される動画の論文言及目的を特定する．

\subsection{その他のフォーマット}

非定型的な学術コミュニケーションに関し，本研究が主として取り扱う，論文言及ユーチューブ動画を通じた科学コミュニケーション手法は萌芽的な段階に位置しており，まだ十分な研究が行われていない．故に，本研究の課題へのアプローチと方法論に関するヒントを獲得するために，動画以外の非定型的な科学コミュニケーションの研究を参考することが望ましい．そこで本項では，代表的なSNSプラットフォームであるツイッター上での科学コミュニケーション及びそのインパクトを反映するオルトメトリクスに関して，被引用数との関係性についての先行研究について述べる．

SNSを用いる科学コミュニケーションにおいて，ツイッターは最も活動的なプラットフォームであり，ツイッターと論文指標との関係に関する研究は比較的に歴史が長い．EysenbachはJournal of Medical Internet Research誌の55本の論稿を言及するツイートと被引用数データを分析した結果，ツイート数の上位論稿は下位論稿に比べ，出版から約2年後，およそ11倍高い被引用数を受けていることを確認した．また同研究は，出版後3日以内におけるツイートを用いことで，高被引用数の論文を予測することが可能であると述べている\cite{43}．Finchらは，10個の鳥学(Ornithology)ジャーナルで出版された2677本の論稿のオルトメトリクスと被引用数の関係に関する研究で，ツイートがavian-ecology分野のジャーナル群における引用率(Citation rate)を予測できることを示した\cite{44}．ツイッター以外のプラットフォームに関しては，引用管理ツールであるMendeley上での読者数(Mendeley reader counts)が被引用数と比較的に高い相関を持つ事例が報告されている．ThelwallはMendeley 読者数が同時の被引用数と強い相関を持ついくつかの分野を特定できており\cite{46}，将来の被引用数に関しては全分野において相関していることを示した\cite{47}．

一方で，諸SNSプラットフォーム上における学術活動を網羅し，指標化したオルトメトリクスは，計量的分析が容易な研究対象である．その中でFennerは，オルトメトリクスに関するレビューで，オルトメトリクスは有意味な学術的インパクトよりも計測行為に重点を置いており，被引用数との関係に関する理論的背景が不足していることを指摘している\cite{45}．またHausteinらの研究では，ソーシャルメディアでの活動と学術文献の被引用行為を導く要因は相異なり，SNSに基づいた研究指標は被引用数を補完する機能として利用すべきであると述べており\cite{48}，オルトメトリクスと学術的インパクトが影響し合うダイナミクスを明らかにするには，更なる研究が必要と考えられる．

オルトメトリクスに関しては様々な指標が提案されてきたが，その中でAASは最も広範囲な学術文献に普及されており，幅広いメディア及びプラットフォームを網羅していることから，近年主な研究対象となっている．Finchらが行った鳥学の論稿セットに対するAASと被引用数の回帰モデルによると，インパクトファクター1.84のジャーナルの論稿において，AASの1から20への増加は被引用数の2.6から5.5への増加を伴うことが期待できることを述べている\cite{44}．また，Lambらが生態保護のトピックに関する10年間の論文に対して分析した結果，AASと被引用数の有意な相関を確認したが，近年の論文であるほど相関が弱まる傾向を発見している\cite{49}．更に，Thelwallらが30個のScopus詳細分野における論文を取り扱った研究では，一部の分野において，AASは2年後の被引用数に対する予測因子として機能でき，それには特にMendeley読者数が大きくに寄与していることを明らかにした\cite{50}．直近の研究の中では，Murrayらが2017年間皮膚病学(Dermatology)ジャーナルで出版された学術論文に対して分析した結果，論文のAASはジャーナルインパクトファクターと適度の正の相関を，被引用数と弱い相関を示すことを確認し，特に後者の原因としてAASと被引用数の成長は時間的に乖離する傾向を挙げている\cite{52}．

以上のような研究の動向を踏まえ，本研究では論文の被引用数の予測に向けた，論文言及動画のビュー数に基づく指標を提案する．特に2.1で述べた論文言及目的の分類法を用いて，より高い予測精度を示す言及目的のラベルを抽出する．具体的には言及目的のラベルに基づいて言及論文を分割し，各論文群に対して提案指標と被引用数に対する回帰分析を行い，より強い相関を持つ論文群を特定することで，提案指標を用いた被引用数及の予測可能性を示す．

~~\section{本研究の位置づけ}~~

~~以上のような先行研究を踏まえて，本研究の位置付けについて述べる．~~

~~本研究では今まで研究対象とされていない論文言及ユーチューブ動画を対象として，学術文献の被引用数へのインパクトを評価する．具体的には，論文言及ユーチューブ動画の保有する論文群に対して，同等の質を担保する動画未保有論文群を均質化手法を用いてサンプリングし，両論文群の被引用数及びAAS分布を比較することで，論文言及ユーチューブ動画の公開の有効性を検出する．~~

~~又，科学者及び学術関係者が言及するユーチューブ動画についてThelwallら\cite{51}が提案した科学コミュニケーション動画の発信目的に関する分類法に着目し，動画が論文を言及することで視聴者に対してどのような効果を期待しているかを表す動画の論文言及目的に関する分類法を提案する．更に，提案した分類法に基づいて動画を保有する論文を分割し，各論文群の被引用数及びAASを比較分析することで，それぞれの論文指標に向けて特に効果的と判断される動画の論文言及目的を特定する．~~

~~最後に，本研究では論文の被引用数の予測に向けた，論文言及動画のビュー数に基づく指標を提案する．特に上述した論文言及目的の分類法を用いて，より高い予測精度を示す言及目的のラベルを抽出する．具体的には言及目的のラベルに基づいて言及論文を分割し，各論文群に対して提案指標と被引用数に対する回帰分析を行い，より強い相関を持つ論文群を特定することで，提案指標を用いた被引用数及の予測可能性を示す．~~

\chapter{Proposed Method}

\label{chap03}

本章では，本研究で提案する，ユーチューブ上の論文言及動画が被引用数及びオルトメトリクスに与える影響の有効性の検証，並びに効果的な動画方式の特定方法と，動画の人気度を用いた論文の被引用数の予測手法について説明する．

まず，論文セットを言及するユーチューブ動画のデータを取得し，動画を保有する論文群と保有しない論文群を均質化に留意しながら設定し，被引用数及びAASの分布に関して対照実験を行う．次に，動画セットを論文言及目的の分類法で分割し，各動画群が言及する論文群の被引用数及びAAS分布の比較から，より有効な動画方式を特定する．最後に，ユーチューブ上の論文の人気度を表す指標を用いて，出版初期の論文群に対して人気度が飽和していることを検証した上で，上述した各論文群に対し，当該指標と論文被引用数の回帰分析から予測可能性を評価し，予測が有効と考えられる動画方式を推定する．

\section{提案手法の概要}

\label{chap3-1}

\begin{figure}[tb]

\begin{center}

\includegraphics[width=15cm]{pics/fig3-1.png}

\end{center}

\caption{提案手法の概要}

\label{fig3-1}

\end{figure}

本研究における提案手法について，概要を図\ref{fig3-1}に示す．

本提案手法では，まず始めに，特定の研究分野及び出版期間における論文データを取得し，論文データセットを作成する．次に，取得した論文を言及するユーチューブ動画のデータを取得して動画データセットを作成し，当該動画が言及する論文を言及動画付き論文として取り扱う(i)．

動画データセットの作成及び言及動画付き論文群の特定したら，動画無し論文群を選定し，両論文群の被引用数及びAAS分布に対して対照実験を行う(ii)．動画無し論文群の選定においては，本手法で提案する均質化手法を用い，被引用数及びAASに影響を与えるその他の変数に対して統制を図った上で，動画の有効性を検証する．

次に，動画の論文言及目的の分類法に従って動画にラベルを付与し，ラベルによって分割された動画群に対応する各論文群の被引用数及びAASの分布を比較することで，動画方式による効果の相違を確認し，各論文指標に対して最適な動画方式を特定する(iii)．動画の論文言及目的に関しては，動画の内容を観察することで，視聴者に向けて論文のどのようなメッセージを伝達しているかについての定性的な分析に基づいて判断し，ラベルを付与する．これによって，論文言及動画の論文を言及する目的に関し，統計的に取り扱うことが可能となる．

最後に，動画の人気度を用いた論文の将来の学術的インパクトの予測に向け，動画のビュー数から定義されるユーチューブスコアを提案し，ユーチューブスコアが被引用数と比較して早期に飽和することを検証した上で，動画方式に従って分割した各論文群において，ユーチューブスコアと被引用数の相関係数から，被引用数の予測可能性を評価し，予測が有効な動画方式を特定する．

\section{提案手法の詳細}

本項では，本提案手法についてより詳細に説明する．

\subsection{データセットの取得}

本研究で用いるデータセットは，論文データセットと動画データセットの二つに大別できる．まず論文データセットに関しては特定の研究分野の論文データを取得し，データセットを作成する．次に，論文のメタ情報をキーワードとして，論文を言及するユーチューブ動画をAPIを用いて検索し，動画データを取得する．

\subsection{論文言及動画の有効性の検証}

次に，取得した論文に対し，動画の被引用数及びAASへの影響の有効性を検証する．本研究では，均質化手法で選定された動画付き論文群と動画無し論文群の被引用数及びAAS分布に対して正規性を検定してから，両分布に対するt検定により有効性を判断する．

\subsubsection{均質化手法の提案}

動画が論文の被引用数及びAASに与える影響の有効性を検証するにあたり，被引用数及びAASに影響する動画保有以外の変数を可能な限り均質化する必要である．本研究では，論文における複数のメタ情報に条件を設け，それらを満足する動画付き論文と動画無し論文をマッチングさせることで，均質化を図ることにする．本項では，提案する均質化手法を手順に従って説明する．

(i)　動画の有無による論文データセットの二分化

論文データセットを動画の有無に従って，動画付き論文群と動画無し論文候補群に二分する．

(ii)　動画無し論文のサンプリング

動画付き論文群において，ランダムに選定された動画付き論文に対し，均質化条件を全て満たす論文を動画無し論文候補群からサンプリングする．具体的には，まず動画付き論文群から，マッチングされていない一本の動画付き論文をサンプリングする．次に，動画無し論文候補群において，表\ref{tbl3-1}に示した均質化条件を全て満たす論文を抽出し，マッチング候補リストを作成する．ここで，マッチング論文数mに対し，候補数がm以上の場合，ランダムにm本をサンプリングし，候補数がm未満の場合，マッチングを放棄し，元の動画付き論文を動画付き論文群から除外する．サンプリングされたm本の動画無し論文を動画無し論文群に含ませる．

\begin{table}[htbp]

\begingroup

\renewcommand{\arraystretch}{1.1}

\caption{均質化条件}

\label{tbl3-1}

\begin{center}

\scalebox{1.0}[1.0] {

\begin{tabular}{p{0.17\linewidth}p{0.25\linewidth}p{0.5\linewidth}}

\noalign{\hrule height 1.0pt}

条件&説明&手法(Scopus) \\

\noalign{\hrule height 1.0pt}

Source&同一の出版ソース&\textless Source title\textgreater 属性値を一致 \\

Document type&同一の文献のタイプ&\textless Doctype\textgreater 属性値を一致 \\

Last author&同一のラストオーサー&\textless Author(s) ID\textgreater 属性値をセミコロン(;)で分割し，最後尾の値を一致 \\

Funded&ファンドの有無の一致&\textless Funding Details\textgreater 属性値がNaNであるかの真理値を一致 \\

\noalign{\hrule height 1.0pt}

\end{tabular}

}

\end{center}

\endgroup

\end{table}

(iii)　動画付き論文群と動画無し論文群の確定

動画付き論文群においてマッチングを行っていない論文が存在する場合，(i)を実行する．一方で，動画付き論文群における全ての論文にマッチングを行った場合，サンプリングを終了し，実験に用いる両論文群を確定する．

\subsubsection{両論文群の被引用数及びAAS分布に対する検定}

確定された動画付き論文群と動画無し論文群に対して対照実験を行い，言及動画の有効性を検証する．具体的には，まず両論文群の被引用数及びAASの対数分布に対して正規性を検定する．本研究における分布の正規性の検定には，D'Agostino's $K^2$ test\cite{54,55,56}（以下Normaltest）を用いる．~~本検定手法は標本分布の歪度(Skewness)及び尖度(Kurtosis)に関する統計量$K^2$より，ある標本集団が正規分布の母集団に由来しているかを検定する手法である．~~

本研究における正規性の検定においては，検定の厳密性を追求し，検定対象である被引用数及びAASの標本に対して，外れ値を除外した．外れ値の判断については，分布における第q四分位数$Q\_{q/4}$と四分位範囲IQRに関して，$Q\_{1/4} - 1.5 IQR$より小さい標本と$Q\_{3/4} + 1.5 IQR$より大きい標本を外れ値と取り扱う．即ち，標本分布において式\ref{eq3-7}の範囲内の標本のみに対してNormaltestを行う．

\begin{equation}

\centering

\label{eq3-7}

[Q\_{1/4} - 1.5 IQR , Q\_{3/4} + 1.5 IQR]

\end{equation}

次に，両分布に対して一定の有意水準αに関してStudent’s t-test（以下t-test）を行い，両分布が同一の母集団に由来しないことを検定することで，動画が被引用数及びAASに対して有意な影響を与えることを示す．同時に分布の平均値に関して，動画付き論文群が動画無し論文群より高いことを確認し，論文言及動画が被引用数及びAASの上昇に関して貢献することを示す．

\subsection{動画の論文言及目的の分類による動画の影響度の比較}

動画付き論文群と動画無し論文群を選定し，被引用数及びAAS分布間に有意な相違を確認した後，動画の論文言及目的による被引用数及びAASへの影響度を比較した上で，それぞれの指標に対してより効果的な動画方式を特定する．

\subsubsection{論文言及目的の分類法の提案}

\begin{table}[htbp]

\begingroup

\renewcommand{\arraystretch}{1.1}

\caption{動画の論文言及目的の分類法}

\label{tbl3-2}

\begin{center}

\scalebox{1.0}[1.0] {

\begin{tabular}{p{0.18\linewidth}p{0.18\linewidth}p{0.25\linewidth}p{0.30\linewidth}}

\thickhline

ラベル & 目的 & \begin{tabular}{p{\linewidth}}必要条件\\ （一つ以上満たすこと）\end{tabular} & \begin{tabular}{p{\linewidth}}含まれるケース\\ (動画ID)\end{tabular} \\ \thickhline

\begin{tabular}{p{\linewidth}}論文紹介\\ (news)\end{tabular} &\begin{tabular}{p{\linewidth}} 論文出版の告知・拡散 \end{tabular}&\begin{tabular}{p{\linewidth}} 論文言及パートのプレイタイムが3分以下 \end{tabular}& \begin{tabular}{p{\linewidth}}・論文Preview, review\\ (ID: uA7HX7URCF8)\\ ・論文が所属する\\ プロジェクトの紹介\\ (ID: nsRLpyDZsog)\end{tabular} \\ \hline

\begin{tabular}{p{\linewidth}}論文解説\\ (explanation)\end{tabular} &\begin{tabular}{p{\linewidth}} 論文内容の解説 \end{tabular}&\begin{tabular}{p{\linewidth}} 説明文又は音声で対象論文の解説を予告 \end{tabular}& \begin{tabular}{p{\linewidth}}・学術関係者への発表\\ (ID: QeMgkYM7sMk)\\ ・論文の具体的な内容に対する評価\\ (ID: ouGtd8nhm6Y)\\ ・論文の手法・技法を活用した独自的な生産物を紹介\\ (ID: 4l2Ufx-Iz6U)\end{tabular} \\ \hline

\begin{tabular}{p{\linewidth}}単純参照\\ (reference)\end{tabular} & \begin{tabular}{p{\linewidth}}動画のトピックや主張の根拠として言及\end{tabular} &\begin{tabular}{p{\linewidth}} 説明文で参考文献として明示 \end{tabular}& \begin{tabular}{p{\linewidth}}・論文言及パートが不明\\ (ID: fi3AROm4ZGg)\\ ・他の分類が困難\end{tabular} \\ \hline

\begin{tabular}{p{\linewidth}}補足資料\\ (supplementary)\end{tabular} &\begin{tabular}{p{\linewidth}} 論文内容の補足 \end{tabular}& \begin{tabular}{p{\linewidth}}・論文内でユーチューブリンクを明示\\ ・論文ソースウェブサイト上のSupplementary videoと一致\\ ・映像に論文内データの原本又は動画化を含む\end{tabular} &\begin{tabular}{p{\linewidth}} (ID: P6lBkK3J9wg)\end{tabular} \\ \thickhline

\end{tabular}

}

\end{center}

\endgroup

\end{table}

まずは，論文言及目的の分類法を定義し，それに従って各動画にラベルを付与する．~~論文言及動画がどのような目的で論文を言及するかを，動画内容及び動画のメタデータから判断して与えるラベルのことを，本研究における動画の論文言及目的と定義する．~~論文言及目的の定義に関しては，Thelwallらのユーチューブ上における科学コミュニケーション動画に関する研究で提案した動画の目的に関する分類法\cite{51}を参考している．但し，本研究で取得した論文言及動画を観察した結果，Thelwallらの分類法では説明できないケースや，より詳細な分類ができるケースを勘案し，修正された分類法を採用している．本研究における論文言及目的の分類法を表\ref{tbl3-2}に示す．含まれるケースに関する具体例を，動画IDから参照できる．

\subsubsection{動画方式による動画の影響度比較}

論文言及目的の分類法に従って動画にラベルを付与した上で，分類ラベルによって分割された各動画群において，動画が言及する論文群を作成する．次に，各論文群における被引用数及びAASの分布から，平均値及び中央値を比較することで，どのような動画方式において被引用数及びAASの上昇により貢献する傾向が見られるかを特定する．

但し，ラベルの異なる複数の動画に言及される論文の場合，複数の論文群に含まれていることに注意する．~~各動画が論文の被引用数及びAASの上昇に貢献した度合いのみを考慮するには，そのような論文に対して各論文群における同一論文の被引用数及びAASの数値を修正することが望ましい．しかし，複数の論文言及動画を保有する学術文献の論文指標に対する各動画の寄与度の推定に関する理論的及び実験的研究は報告されていない上に，論文言及ユーチューブ動画を用いた科学コミュニケーションはまだ萌芽的な手法であり，大多数の学術文献に対し，二本以上の言及動画を保有するケースは希少である．~~従って，本手法の動画方式による論文指標分布の比較において，複数の論文群に含まれる論文に対して，加工されていない同一の被引用数及びAASを与えることにする．

\subsection{論文言及動画の人気度を用いた論文の被引用数の予測}

最後に，論文のユーチューブ上での人気度を指す指標として，~~出版初期の~~論文を言及する動画のビュー数で計算されるユーチューブスコアを提案する．次に，本指標を用いて将来における論文の被引用数を予測する手法を提案し，予測が有効と考えられる動画方式を特定する．

動画のビュー数はユーチューブ動画の人気度を表す最も直観的な指標であり，動画が言及する論文の学術的インパクトの指標である被引用数との関係性は興味深い課題である．しかし，ユーチューブ動画のビュー数と論文の被引用数に関する定量的な分析は報告されていない．~~一方で，複数の研究において，オルトメトリクスと被引用数が飽和する時点は，時間的に乖離する傾向が存在し，多くの高被引用数の論文に対して，出版初期においてはオルトメトリクスが被引用数より高い上昇率を示しては早期に安定することに反し，引用率は数ヶ月から数年後にピークを迎えることを指摘している\cite{43,52}．~~一方で，オルトメトリクスが被引用数より早期において飽和する傾向が確認されている\cite{43,52}．また，ユーチューブ動画のビュー数の成長に関する研究では，経験的に9割のユーチューブ動画に関して，ビュー数の成長モデルをシグモイド関数を用いた飽和モデルに近似できることを明らかにした\cite{60}．オルトメトリクスがSNS上での活動を即時的に捉えて変動する点と，ユーチューブも典型的なSNSの諸性質を有する点を鑑みると，ユーチューブ上での科学コミュニケーションの人気度はオルトメトリクスと同様に，社会的インパクトの指標としての性質を有すると仮定できる．当仮定の下，論文言及動画に高い人気度が与えられれば，言及された出版初期の上質論文に対して，将来における高い引用率が期待できると考えられる．

従って本研究では，特定の研究分野における著名なジャーナル及びカンファレンスで出版された学術文献と同文献を言及するユーチューブ動画について，まずユーチューブスコアが被引用数より早期に飽和することを観測する．続いて，出版初期の論文に対して，当該指標を用いた将来の被引用数の予測可能性を評価し，予測が有効と考えられる動画の方式を特定する．

\subsubsection{論文言及動画の人気度に関する飽和現象の観測}

本研究で，ユーチューブ上の論文に関する科学コミュニケーションの人気度を捉える指標を論文言及動画のビュー数から算出し，ユーチューブスコアと命名する．論文言及動画$i$のビュー数$(viewcount)\_i$について，論文のユーチューブスコア$YTscore$は式\ref{eq3-1}のように定義する．

\begin{equation}

\centering

\label{eq3-1}

YTscore = \log\_{10} \sum\_{i} (viewcount)\_i

\end{equation}

続いて，論文のユーチューブスコアが被引用数より早期に飽和することを観測する．これに向けた理想的な方法は，特定の論文において，言及動画のビュー数及び被引用数の過去の履歴を取得し，各指標の上昇率を時系列的に分析することが望ましい．しかし本研究では，個々の論文には注目せず，特定の研究分野における論文群の間における比較分析し，有意な相違を検出することを主な手法としている．従って本研究では，出版から十分時間が経過し，被引用数が十分成長したと考えられる出版時期（以下，前期間）論文・動画データセットと，今後の被引用数の伸びが期待される，比較的に最近の出版時期（以下，後期間）において出版された論文・動画データセットを用いる．

本手法では，同一分野における最上位の学術雑誌及び学協会誌に出版された論文群について，論文群の被引用数及びユーチューブスコアの標本集団がある母集団に由来すると仮定する．続いて図\ref{fig3-2}で表すように，当該母集団は論文群の出版からの時間のみによって一定の確率分布に向かって成長していき，成長曲線はS字の形状をすることを仮定する．本母集団の経年変化モデルは，論文群の出版時期によらず不変であると前提する．ここで，出版から時間Lが経過した論文群，及びLより十分大きい時間K(K\textgreater L)が経過した論文群に対して，両論文群の論文指標の分布が統計的に適合している場合，時間Lが経過した論文群の論文指標が「飽和」していると定義し，L以上経過した論文指標の母集団には有意な変移がないと判断する．一方，適合が認められない場合，時間Lが経過した論文群の論文指標の分布は「成長」していると定義し，Kが経過した論文群の論文指標は有意に異なる母集団から由来すると判断する．

\begin{figure}[tbp]

\begin{center}

\includegraphics[width=14cm]{pics/fig3-2.png}

\end{center}

\caption{論文指標分布が従う母集団の経年変化モデル}

\label{fig3-2}

\end{figure}

以上の仮定と定義の下，まずは前期間と後期間における動画付き論文群のユーチューブスコア及び被引用数分布に対して適合度を検定し，後期間の飽和又は成長を判断する．両分布に有意な適合度が認められれば，両分布は同一の母集団に由来しているとみなし，当研究分野の最上位論文ソースの論文群における論文指標の分布は，後期間の時点で飽和すると判断する．一方，適合度が認められない場合には，両分布は異なる母集団に由来していると判断し，同論文群の論文指標の分布は後期間の時点において成長していると考える．本検定の結果，後期間の論文群のユーチューブスコアは飽和している一方，被引用数は成長していると結論付けられれば，ユーチューブスコアが被引用数より早期に飽和すると判断する．

適合度の検定にはKolmogorov–Smirnov test\cite{62,63}（以下，KStest）を用いる．本研究における適合性の検定においては，検定の厳密性を追求し，検定対象であるユーチューブスコア及び被引用数の標本分布に対して，外れ値を除外した．外れ値の判断については，Normaltestと同様の判断基準を適用する．

\subsubsection{論文言及動画の人気度による被引用数の予測が有効な動画方式の特定}

後期間の論文データセットにおけるユーチューブスコアの飽和が認められた場合，前期間の論文データセットについて，動画方式の分類ラベルによって分割された各動画群に対応する論文群を作成し，各論文群のユーチューブスコアと被引用数に対して線型回帰を行い，相関係数を評価する．ここで特定の動画方式について有意味な相関が認められる場合，後期間の論文に対して，同方式の論文言及動画に基づいたユーチューブスコアを用いることで，時間L-Kが経過した将来における被引用数の予測が可能である評価する．本研究では0.35以上の相関係数を有する論文群に対しては，有意な正の相関を示すとみなし，被引用数の予測が有効な動画方式として推定する．