

Stack Overflow における 内部リンクと外部リンクの影響調査

瀬澤 勇斗^{1,a)} 槇原 絵里奈^{1,b)} 近藤 将成^{2,c)} 吉田 則裕^{1,d)} 井上 克郎^{1,e)}

概要：Stack Overflow（以下 SO）は、世界中の開発者がプログラミングに関する質問と回答を共有する代表的な Q&A サイトである。SO の投稿には、補足説明や情報源の提示を目的として、他の投稿や外部 Web ページへのハイパーリンク（以下リンク）が頻繁に挿入されている。リンクは投稿間の関係や情報の流通を示す手がかりとして重要である一方、リンクが SO ユーザにどのように受け入れられ、ユーザのソフトウェア理解にどのように影響を及ぼしているかは不明瞭である。そこで本研究では、SO におけるリンク使用の実態を定量的に把握することを目的とし、投稿に含まれるリンクの種類に着目する。具体的には、投稿を「内部リンク（SO 内記事へのリンク）のみ含むもの」「外部リンク（SO 外にあたる、各言語の公式ライブラリや Web 記事等へのリンク）のみ含むもの」「内部・外部の両方を含むもの」「リンク無し」の 4 カテゴリーに分類し、ベストアンサーや評価スコアとの関係など、複数の観点から比較分析を行う。本調査の結果、リンクは併用して扱われることが最も多く、次いで外部リンク、内部リンク、リンクなしとなった。また、評価スコアの観点からの分析では外部リンク単体の使用に比べ、内部リンクが加わることでスコアが平均 3 倍向上することが分かった。

Impact of Internal and External Links on Stack Overflow Posts

1. はじめに

ソフトウェア開発やプログラミングに対する質疑に特化したサイトとして、Stack Overflow（以下 SO）が存在する。SO は開発者が実践的な知識を交換するための中心的なプラットフォームとして、2008 年に設立されて以来、長年多くの開発者に利用されている。

SO を運営する Stack Overflow, Inc. が 2025 年に行った Developer Survey 2025 では、177 の国に属する研究者、開発者、IT に携わるユーザ等から約 4.9 万件の回答を得た^{*1}。回答では、近年 AI を扱う開発者が増える一方で、AI への

不信感も高まっていると指摘された。その一方、SO は熟練開発者からの回答が得られる信頼性の高いプラットフォームとして高く評価されている。よって、AI 時代の現代においても、SO は開発者同士の重要なコミュニケーションプラットフォームだと言える。本調査の回答者のプログラミング経歴は多様であり、5 年未満のユーザから 30 年を超える熟練者まで含まれる。よって、SO におけるユーザインタラクションを促進することで、初学者から熟練者まで、多様な背景を持つユーザを支援できると考える。

SO は QA サイトであるため、SO の投稿記事、すなわち質問や回答、コメントの質が向上すると、ユーザ同士のインタラクションも促進され则认为。SO ではハイパーリンク（以下リンク）を利用した投稿がしばしば行われると指摘されており [1], [2], [3], 投稿の信頼性の向上, SO の品質評価, 投稿の理解性向上による学習支援, 知識ネットワーク構築など広い分野へ寄与する。一方、先行研究は言語ドキュメントや Web 記事などの SO 外部へのリンク（以降外部リンク）、SO 内の異なる投稿へのリンク（以降内部リンク）のいずれかに注目している場合が多いが、外部リンクと内部リンクは併用して扱われることも多い。また、

¹ 立命館大学
Ritsumeikan University, 2-150 Iwakura-cho, Ibaraki, Osaka
567-8570 Japan

² 九州大学
Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

a) is0674xh@ed.ritsumei.ac.jp

b) makihara@fc.ritsumei.ac.jp

c) kondo@ait.kyushu-u.ac.jp

d) norihiro@fc.ritsumei.ac.jp

e) inoue-k@fc.ritsumei.ac.jp

*1 <https://survey.stackoverflow.co/2025/>

ユーザ同士のインタラクション促進という点では、リンクを使用した回答やコメントにより、質問者や閲覧者へどのような影響を与えたかを調査する必要がある。しかし、既存研究の多くはリンクの種類や使われ方など、リンク自体の性質に注目しており、質問者や他ユーザへ与えた影響は十分に調査が行われていない。リンクを含む投稿が SO の各ステークホルダーへ与える影響を調査することで、SO 投稿記事の品質をリンクの観点から評価できると考えた。

そこで本稿では SO 投稿記事の品質保証に向けた第一歩として、SO における投稿の内、回答とコメントでリンクが使われている場合の影響を調査した。具体的には Google Cloud Platform が提供する BigQuery を利用し、2008 年から 2021 年までの計約 1300 万件の SO の回答とコメントを含む投稿を取得した。取得した投稿は「リンクを含まないもの」「内部リンクのみ含むもの」「外部リンクのみ含むもの」「内部・外部の両方を含むもの」の 4 つに分類した。そして、文章量や評価スコアなど、複数の観点で比較調査を行い、リンクを含む投稿の特徴を調査した。本調査の結果、最も割合が多い投稿のカテゴリはリンクの併用であり、次いで外部リンク、内部リンク、リンクなしとなった。また、外部リンク単体の使用に比べ、内部リンクが加わることで評価スコアが平均 3 倍に向上することが分かった。以上より、外部リンクと内部リンクの適切な併用方法を調査することで、SO 記事の品質向上に繋がると考える。

2. Stack Overflow(SO)

2.1 概要

Stack Overflow(SO) はプログラミングやソフトウェア開発に特化した、世界最大級の Q&A サイトである。2008 年に設立されて以来、開発者が技術的な問題を共有・解決するために広く利用されている。2025 年 8 月 11 日の時点で約 3,000 万の登録ユーザ、約 2,400 万の質問、約 3,600 万件の回答、日平均 475 件の質問が投稿されており^{*2}、開発と教育の双方で重要な情報源となる。

SO ユーザは質問や回答を行う際、ソースコードのSnippet やハイパーリンク (リンク)、画像を使用できる。また、質問や回答に対して追加情報が必要な場合、閲覧者はコメント機能を通じて投稿者に補足を求めることができる。

閲覧者は SO の検索エンジンやタグなどを利用して、特定の質問に対し回答するだけでなく、自身の質問に類似する投稿を検索し、その解決策を調べることもできる。質問、回答、コメントのいずれかで貼られたリンク先の投稿は、Linked としてページ内に記載される。また、類似質問は Related として同様にページ内に記載されており、ユーザは Linked や Related を用いて類似・関連質問を検索することもできる。

2.2 ハイパーリンク (リンク)

SO におけるリンクを含む投稿の例を図 1 に示す。SO で質問を行う際、質問内容の再現性や自己完結の点から、自身の体験や試行錯誤を記述することが望まれている^{*3}。すなわち、質問時に他サイトへの URL を貼るだけの行為は、リンク先にアクセスせねば情報が分からず、既存研究で述べられるようにリンク切れによる品質低下の点からも非推奨されている。

回答時も同様の理由でリンクのみの投稿は望ましくないとされており、あくまで回答の補助的な扱いにとどめるように、モデレータより促されている^{*4}。一方既存研究より、適切にリンクを用いて回答した場合、質問者や読者の学習支援となり、中核知識の特定にも繋がることが示唆される [2]。また、SO のコメント機能は質問や回答に対する補足、指摘の役割を担う。例えば、重複した投稿の指摘や誘導、公式ドキュメントなど補足情報の提示、参考になる Web 記事の共有などで使われる。以上より、質問時のリンクの使用は再現性や質問者の背景知識が共有されない点から推奨されない一方、回答やコメントで補足的にリンクを用いることで、質問者や閲覧者のプログラミング理解を促すことができる。

そこで本研究は、回答やコメントにおいてリンクを用いる場合を対象に調査する。回答とコメントに注目することで、リンクが質問者、回答者、閲覧者へ与える影響を総合的に調査する。



図 1 SO 投稿内容の例

^{*2} <https://stackexchange.com/sites?view=list>

^{*3} <https://stackoverflow.com/help/how-to-ask>

^{*4} <https://meta.stackexchange.com/q/8231>

3. データセットおよび調査手順

本研究では、Google が提供する BigQuery 上で公開されている SO の投稿データのうち、2025 年 7 月 1 日の時点で取得可能な 2008 年 7 月 31 日から 2021 年 12 月 31 日までのデータを対象として分析を行う。

以下にデータセットの詳細および構成について詳述する。

3.1 分析対象データの取得

SO は流行のツールや言語、モデレーションの影響を受けやすく、単年調査では傾向把握が困難なため、本調査ではまず長期間かつ大規模なデータ収集を行った。具体的には、Google BigQuery 上の公開データセットである `bigquery-public-data.stackoverflow` を用いて、SO の質問・回答・コメントデータを取得した。次に、取得データ内の質問、回答、コメントの HTML を整形し、さらに回答の評価スコアも追加で取得した。以降、調査対象データの取得手順および用いたクエリの構造について説明する。

手順 1：質問および回答の基本情報の取得

まず、質問投稿に関する基本情報、リンクを含む回答およびコメント、並びに全体の単語数情報を取得する。ここで述べる基本情報とは、BigQuery に保存されている、SO から直接取得可能な質問や回答の内容などを指す。

使用したテーブル

- `posts_questions` : 質問投稿の基本情報を格納
- `posts_answers` : 質問に付随する回答
- `comments` : 質問・回答に付随するコメント

主な処理内容

- リンク付き要素については `ARRAY_AGG` 関数で配列化
- 各テキストの単語数は `LENGTH` 関数で計算し、質問・回答・コメントごとに合計

最終的な出力では、リンクを含む回答およびコメントについては配列形式で保持し、文字数はすべての回答・コメントを対象に合計した。取得データは年ごとに分割し、ローカル環境に JSON 形式で保存した。なお、紙面の都合上使用したクエリは省略する。

手順 2：単語数情報の補完

次に、HTML タグや Markdown 記法を除去したうえで、投稿やコメントの単語数を計測するため、以下に示す処理を追加で行った。これらの処理により、質問本文、回答本文、質問コメント、回答コメントの単語数を取得した。

- HTML タグ除去：
- Markdown リンク変換：
- 単語分割：

最終的にそれぞれのサブクエリを結合し、質問 ID ごとの総単語数を集計した。

手順 3：回答スコアの取得

最後に、回答の評価指標として回答ごとのスコアも分析

表 1 リンクの種類 (リンクカテゴリ)

カテゴリ	定義
<code>no_link</code>	リンクが含まれていない
<code>internal_only</code>	内部リンクだけ含む
<code>external_only</code>	外部リンクだけ含む
<code>both</code>	内部リンク、外部リンクを含む

表 2 質問データに含まれる主な項目

項目名	説明
<code>id</code>	質問の識別子
<code>title</code>	質問のタイトル
<code>tags</code>	質問に付与されたタグ
<code>accepted_answer_id</code>	採用された回答の ID
<code>accepted_answer_score</code>	採用回答のスコア
<code>creation_date</code>	質問の投稿日時
<code>last_activity_date</code>	最終アクティビティの日時
<code>score</code>	質問のスコア
<code>view_count</code>	質問の閲覧数
<code>answer_count</code>	質問に対する回答数
<code>comment_count</code>	質問に対するコメント数
<code>question_body_length</code>	質問本文の単語数
<code>total_answer_length</code>	全回答の単語数の合計
<code>total_question_comment_length</code>	全質問のコメントの単語数の合計
<code>total_answer_comment_length</code>	全回答のコメントの単語数の合計
<code>question_comment_info</code>	リンクを含む質問のコメント情報
<code>answer_comment_info</code>	リンクを含む回答のコメント情報
<code>answer_info</code>	リンクを含む回答の情報
<code>unlinked_answers</code>	リンクのない回答の情報

対象とした。SQL クエリを用いて、投稿された回答の ID、親質問 ID、スコア、投稿日時を取得した。取得したスコア情報は、回答の有用性の指標として後述の分析に利用した。

3.2 リンクの種類

2.2 節で述べたとおり、質問時に用いられるリンクと、回答・コメント時に用いられるリンクは用途が異なる。特に回答とコメントに付与されるリンクは、情報の補足や知識拡張など投稿の品質に直接関わるため、本研究では回答内容および質問と回答に付与されたコメントに含まれるリンクを調査対象とする。

リンクは SO 内の異なる投稿を示す内部リンクと、言語ドキュメントや Github など外部サービスを示す外部リンクが存在する。また、内部リンクと外部リンクは同時に利用されることもある。そこで本研究では、3.1 節で取得した約 15 年分の SO の投稿を、表 1 に示す 4 種類に分割する。以降、本研究ではこれらの分類をリンクカテゴリと呼ぶ。内部リンクと外部リンク単体の使用と併用、さらにリンクが用いられていない投稿と比較することで、各種リンクの影響を調査する。

表 3 フィルタリング後の投稿数 (カテゴリ別・年別)

カテゴリ 年	no_link	internal_only	external_only	both
2008	2,044	564	7,573	5,954
2009	16,292	4,238	43,216	23,513
2010	35,350	9,723	78,217	39,065
2011	58,743	17,521	119,237	58,939
2012	71,402	23,196	136,780	69,243
2013	75,164	26,771	140,036	74,737
2014	62,402	22,065	111,879	58,349
2015	66,083	23,658	116,353	60,267
2016	60,850	22,462	106,419	56,165
2017	54,040	19,786	92,569	48,319
2018	45,097	16,101	79,709	40,166
2019	37,762	13,065	67,988	32,431
2020	31,690	10,226	54,821	24,681
2021	20,961	6,688	35,252	16,463

3.3 前処理および調査

3.1 節と 3.2 節で取得したデータをまとめた結果を表 2 に、例をリスト 1 に示す。本データに含まれる、`question_body_length`, `total_answer_length`, `total_question_comment_length`, `total_answer_comment_length` は、それぞれ質問・回答・コメントの単語数を表す項目である。質問と回答の本文は HTML 形式で保存されており、単語数の算出時には HTML タグを取り除いた上でカウントした。質問や回答に対するコメントは Markdown 形式で記述されているため、Markdown 構文を除去した上で単語数を計算した。

さらに、本研究では分析精度を高めるため、取得したデータに対して前処理を行った。具体的には、情報量が少なく分析に有用でないと考えられる投稿を除外するため、`answer_count` が 2 以上、`comment_count` が 1 以上、`score` が 1 以上という条件をすべて満たす質問のみを対象とした。本処理により、反応の少ない質問や評価が得られていない質問を除外し、活発な議論や有用な情報が含まれる質問群に絞り込んだ分析が可能になると考えた。前処理の結果、分析対象となった投稿数を表 3 に示す。

SO における質問や回答はそれぞれ閲覧者が評価することが可能であり、Web 上には評価のスコアが表示される。また、スコアに関係なく、質問者がもっとも役に立ったと考える回答をベストアンサーとして承認でき、ベストアンサーとなった回答は回答欄の最も上位に表示される。すなわち、評価スコアは閲覧者が客観的に良い質問・回答だと判断したものであり、ベストアンサーは質問者が主観的に役に立ったと評価したものとなる。以上より、SO の質問や回答は複数の観点で評価が行われているため、リンクが及ぼす影響を調査するためには、単純な評価スコアだけでなく複数の観点から評価する。

4. 結果および考察

4.1 目的

本調査の目的は、SO の各ステークホルダに対しリンクが及ぼす影響を調査することである。本稿では特に、リンクとベストアンサー、および質問と回答の評価スコアとの関係を分析した結果を報告する。

4.2 結果

4.2.1 リンクとベストアンサーの関係調査

図 2 に、リンクカテゴリごとのベストアンサーが投稿されるまでの時間の年次推移を示す。先述の通り、年によって SO に投稿された質問数は異なるため、絶対値による比較ではなく、該当の年度における相対的な比較が必要だと考えた。そこで、各質問投稿時刻からベストアンサーが「投稿」された時刻までの経過時間を算出し、年内の 4 カテゴリの平均値を合計 1 となるよう正規化することで、カテゴリ間の相対的な遅速を比較した。この指標を用いた理由は、質問が投稿されてからベストアンサーが投稿されるまでの時間が、回答の速さやカテゴリごとの解決傾向を直接的に反映し、回答者から見た問題解決までの難易度を総合的に示すと考えられるためである。

図 2 より、**both** カテゴリは、2008 年から 2021 年にかけて一貫して、ベストアンサーが投稿されるまでの時間が最も長い傾向を示している。対照的に、**no link** カテゴリが最も短く、次いで **internal only** カテゴリが短い傾向にある。図 3 の結果より、すべてのリンクカテゴリにおいて、ベストアンサーが投稿されるまでの時間の中央値は、年度が経過するにつれわずかに上昇するか、ほぼ横ばいで推移していることが確認できる。

さらに、ベストアンサーがリンクを含む回答である場合、該当の投稿のリンクカテゴリを分析した。**both** カテゴリは、2008 年から 2021 年にかけて 56%から 63%と最も高い採用率を示し、その値は期間を通じてほぼ横ばいで推移している。**external only** カテゴリは、49%から 54%と次に高い採用率を示しており、期間を通じてほぼ安定している。**internal only** カテゴリは、リンクを含む 3 カテゴリの中で最も採用率が低く、その値も 13%から 18%と期間を通じてほぼ一定であると分かった。

4.2.2 リンクと評価スコアの関係

本節では、投稿に対する評価スコア（投稿スコア）と回答に対する評価スコア（評価スコア）に分けて分析結果を示す。
投稿スコア

図 4 にリンクカテゴリごとのスコアの年次推移を示す。**both** カテゴリは、2008 年から 2021 年にかけて徐々に低下する傾向が見られる。一方、**external only** カテゴリのスコアは、全体として緩やかに上昇している。**internal only**

Listing 1 取得データの例 (ID: q/7470 および a/201744)

```
"id": "7470",
  "title": "RSS feeds from Gallery2",
  "tags": "php|web-applications",
  "owner_user_id": "150",
  "creation_date": "2008-08-11 01:32:16.09 UTC",
  "last_activity_date": "2019-06-04 09:30:15.97 UTC",
  "last_edit_date": "2019-06-04 09:30:15.97 UTC",
  "last_editor_user_id": "6556397",
  "score": "2",
  "view_count": "839",
  "answer_count": "2",
  "comment_count": "0",
  "question_body_length": "689",
  "question_body_with_link": "<p>After a couple of hours fighting with the <a href=\"http://gallery.menalto.com/\" rel=\"nofollow noreferrer\">Gallery2</a> <a href=\"http://codex.gallery2.org/Gallery2:Modules:rss\" rel=\"nofollow noreferrer\">RSS module</a> and getting only the message, \"no feeds have yet been defined\", I gave up. Based on <a href=\"http://www.google.com/search?q=%22no+feeds+have+yet+been+defined%22\" rel=\"nofollow noreferrer\">a Google search for \"no feeds have yet been defined\"</a>, this is a pretty common problem. (中略) </p>",
  "answer_info": [
    {
      "answer_id": "201744",
      "answer_date": "2008-10-14 15:50:25.007 UTC",
      "answer_body": "<p>Well, I am unsure this can help you but here is a very simple RSS that was presented as solution in another topic:</p>\n\n<p><a href=\"https://stackoverflow.com/questions/82872/php-rss-builder#84601\">PHP RSS Builder</a></p>>",
      "score": -2
    }
  ],
  "question_comment_info": [],
  "answer_comment_info": [],
  "total_answer_length": "1898",
  "total_question_comment_length": "0",
  "total_answer_comment_length": "0",
  "unlinked_answers": [
    {
      "answer_id": "7471",
      "score": 1,
      "creation_date": "2008-08-11 01:33:20.08 UTC"
    }
  ]
}
```

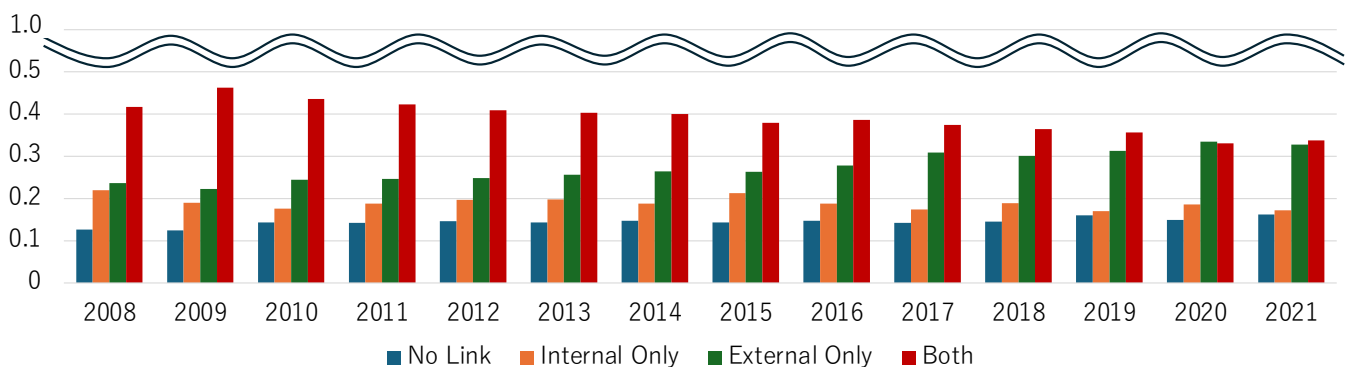


図 2 リンクカテゴリ別のベストアンサー投稿までの平均所要時間（年ごとに正規化）

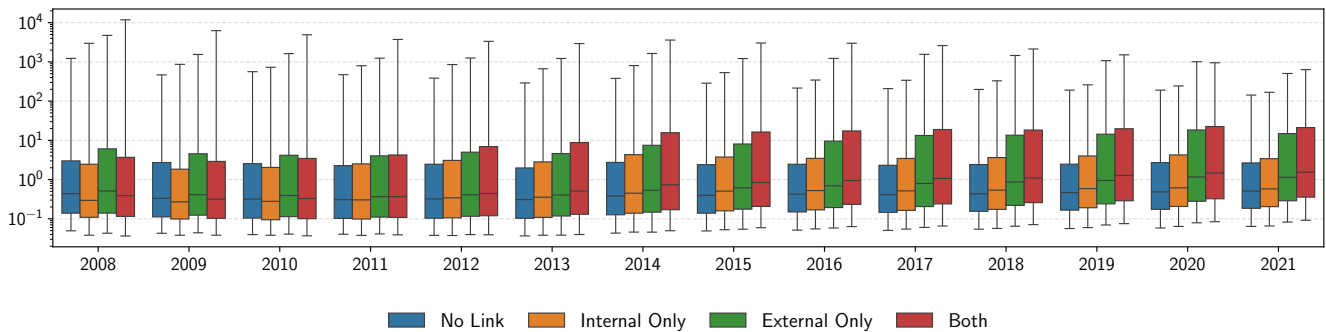


図 3 リンクカテゴリ別のベストアンサー投稿までの経過時間

カテゴリは、2012 年頃まで上昇し、その後は減少傾向に転じている。図 5 に示す箱ひげ図の結果からは、すべてのカテゴリにおいて、中央値が時間の経過とともに減少する傾向が確認できる。特に **both** カテゴリは、他のカテゴリと比較して一貫して高いスコアを維持している。また、紙面の都合上省略したが、どのカテゴリにおいても 2008 年から 2010 年頃にかけては非常に高い外れ値が多く観測され、その後は外れ値の最大値が低下する傾向があった。

回答スコア

図 6 の結果から、2008 年から 2021 年までの全期間において、**both** カテゴリは他のすべてのカテゴリと比較して最も高い回答スコアを維持していた。しかし、その値は年度が経過するにつれ緩やかに減少している。一方で、**no link**、**internal only**、**external only** の各カテゴリは、いずれも回答スコアが緩やかに上昇する傾向を示した。**internal only** と **external only** を比較すると、2012 年までは **internal only** の方が高くなっていたが、2013 年以降は **external only** の方が高くなるという結果になった。図 7 の箱ひげ図の結果から、**both** カテゴリの中央値は年度が経過するにつれ減少しており、最大値・最小値の両方においても他カテゴリを一貫して上回っていた。また、**both** 以外のカテゴリは中央値の変動が小さく、ほぼ一定の水準を維持していた。

4.3 考察

4.4 リンクとベストアンサーの関係

リンクの有無や種類とベストアンサーに採用される回答の関係を調査した結果、ベストアンサーが投稿されるまでの時間は、**both** および **external only** のカテゴリで一貫して長い傾向が確認された。これは、外部情報や複数の情報源を参照する回答は情報量が多く、回答者が質問の意図を理解して内容を充実させるために時間を要すると考えられる。特に **both** は内部と外部の情報を併用することで情報の幅が広がり、その分採用決定が遅れる傾向があると考えられる。一方、**no link** や **internal only** はベストアンサーが投稿されるまでの時間が短いことから、簡潔で直接

的な解決策を提示する傾向があると考えられ、質問者は短時間で有用性を判断できる。以上より、リンクの使用は回答の構成や情報量に影響を与え、投稿の内容や提示方法が採用決定に関係している可能性が示唆される。

ベストアンサーがリンクを含む回答の割合に関しては、時間の経過に関わらず一貫していた。特に、外部リンクの存在が回答の信頼性と有用性を判断する上で重要だと考えられる。**both** カテゴリが最も高い採用率を示し、**external only** がそれに続くことから、公式ドキュメントや信頼できる情報源への参照が、回答の正当性を担保する上で不可欠な要素となっていると推測できる。一方、**internal only** カテゴリの採用率が他のリンクを含む回答よりも低いことは、コミュニティがプラットフォーム内の情報だけでなく、外部の一次情報源にも重きを置いていることを示唆している。さらに、**both** の高い採用率は、外部リンクに内部リンクを組み合わせることで、信頼性と補足情報の両面を備えたより優れた回答となる可能性を示している。

4.5 リンクと評価スコアの関係

投稿スコアの分析では、**both** カテゴリが時間の経過とともにスコアが低下するものの、一貫して他のカテゴリよりも高い評価を示した。また、箱ひげ図からも **both** カテゴリの中央値が他のカテゴリより高いことが確認できる。これは、閲覧者が投稿の有用性を判断する際、内部リンクと外部リンクが補完的に機能し、包括的で信頼性の高い情報源として評価していると考えられる。特に SO 初期には、投稿数が現在よりも少なく、優れた投稿が目立ちやすかったことから、短期間で多数の賛成票を集める模範的な投稿が生まれやすく、非常に高いスコアを獲得していたと考えられる。しかし、コミュニティの拡大とともに投稿数が増え、評価対象が多様化した結果、スコアの平均化が進んだと考えられる。

回答スコアの分析でも同様の傾向が見られる。特に **both** カテゴリの回答スコアが一貫して最も高く維持されていることは、閲覧者が回答の信頼性と充実度を重視していることを示している。これは、単に情報が正確であるだけでな

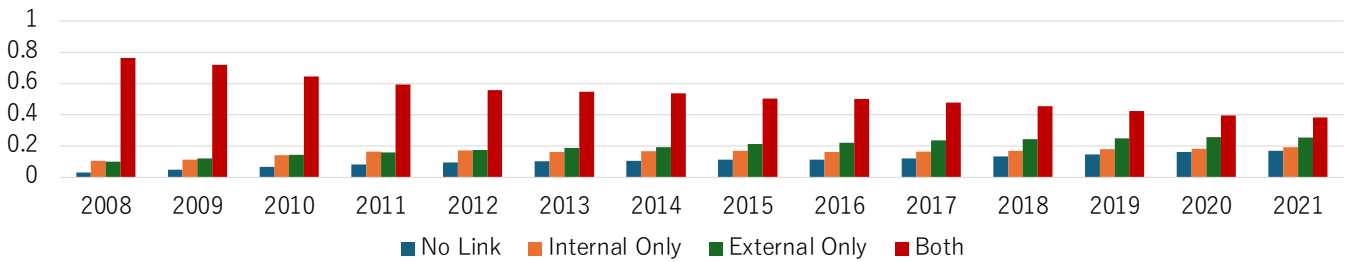


図 4 リンクカテゴリ別の平均投稿スコア (年ごとに正規化)

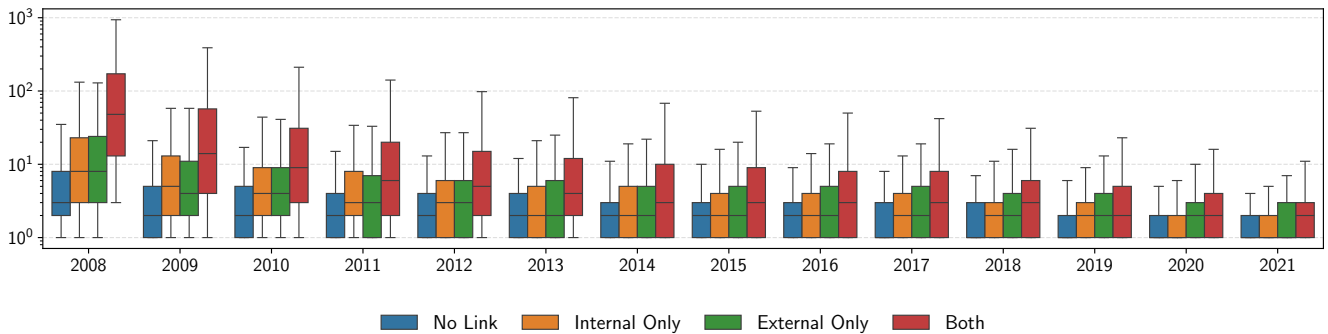


図 5 リンクカテゴリ別の投稿スコア

く、内容が豊富で多角的な視点を提供する回答が好まれる傾向を反映していると考えられる。ここでの信頼性は、単に回答文中にリンクが含まれるかどうかだけではなく、投稿全体（質問、回答、コメント）におけるリンクの存在によって高められていると考えられる。外部リンクは回答内容が公式ドキュメントや信頼できる情報源に基づいていることを示し、内部リンクは関連する他の議論や解決策へのアクセスを容易にする。これらの要素が組み合わさることで、閲覧者はその回答をより有用であると判断し、高い評価を与えていると解釈できる。

外部へのリンクは、回答内容が公式ドキュメントや信頼できる情報源に基づいていることを示し、内部へのリンクは、関連する他の議論や解決策へのスムーズなナビゲーションを可能にする。これらの要素が揃うことで、閲覧者は回答を最も有用であると判断していると考えられる。

以上の結果から、リンク、特に外部リンクは、閲覧者が投稿や回答の信頼性と情報の網羅性を評価する上で重要な役割を果たしていると考えられる。またスコアの推移は、初期の突出した評価から、プラットフォームの成長に伴い、リンクの有無に関わらず、簡潔で有用な情報も広く評価されるようになったことを示唆している。

一方、本分析は投稿全体をリンクを含む単位としており、個々の回答そのものに焦点を当てていない。今後の研究では、投稿全体ではなく、回答単体を **no link** , **internal only** , **external only** , **both** の 4 つのカテゴリに分類し、分析することが有益であると考えられる。

4.5.1 関連研究

Anderson らはどのような質問や回答が SO コミュニティにとって将来的に有望であるかを議論した [4]。Liu らは開発者らが SO の検索をどのように扱っているか分析し、SO における質問の検索性向上を目指した [3]。これらの研究はいずれも、SO をより強固なエコシステムとして構築するために重要な研究である。また、SO 上の未回答に終わった質問や削除された質問の特徴調査、重複質問の検出や回答に記載されたソースコードの分析なども盛んに行われている [5]。以上より、SO における実開発者の行動を分析することで、SO における質問の品質維持だけでなく、SO コミュニティの活性化に寄与できることが期待される。

SO におけるリンクに注目した研究として、Liu らは繰り返し引用される URL、すなわちリンクに注目し、多く引用されるリンクがリンク切れを起こすと投稿記事の信頼性が低下する恐れを指摘した [6]。実際に調査対象になった投稿の内、コード例や解説として扱われた Github など 14.2% の URL のリンク先が確認できず、リンク切れを確認する仕組みの必要性を指摘した。Baltes らはなぜリンクが張られるかを定性的に調査し [2]、Gómez らはリンク先の情報提供によりユーザの新しい技術獲得に寄与しているかを調査した [7]。白木らはリンクを基に投稿同士の参照関係を可視化することで、投稿の検索をより充実させる SO 検索システムを提案した [8]。また、リンクを元に SO の投稿を知識ネットワークとして構築し、情報拡散のメカニズムの解析や、知識の構造化を図る研究もある [1]。以上より、SO のリンクに注目することで、ユーザの質問や知識獲得など、開発者の情報探索に関する行動の分析にも繋がる。

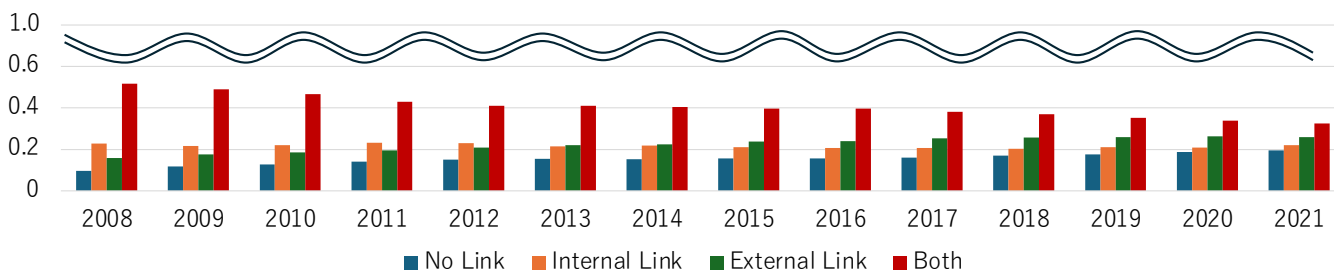


図 6 リンクカテゴリ別の平均回答スコア（年ごとに正規化）

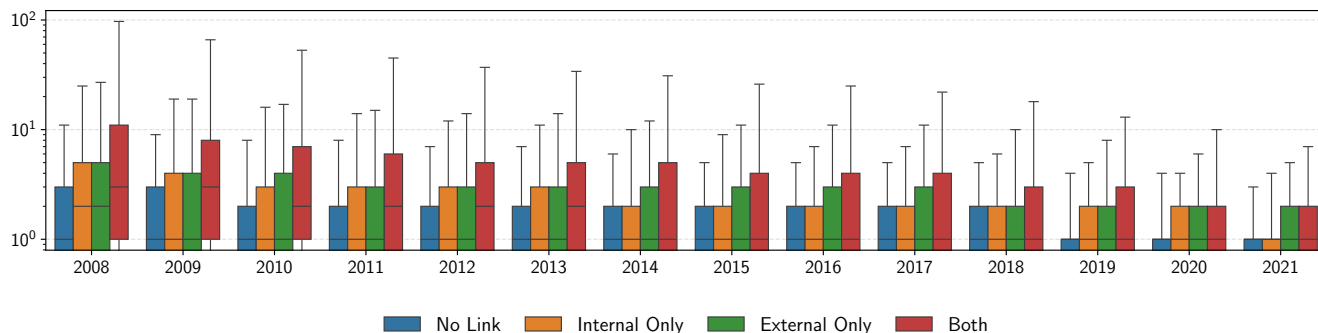


図 7 リンクカテゴリ別の回答スコア

先行研究の多くはリンクを情報源や投稿間の構造的な関係として捉え、ネットワークやエコシステムの観点から分析している。一方、本研究は SO ユーザの視点から、リンクが投稿の内容や評価にどのような影響を与えるか調査することで、リンクの有用性を明らかにし、リンクの観点から SO 投稿記事の質の評価に繋がる。

5. おわりに

本研究は SO におけるリンクの有用性調査のため、投稿に含まれるリンクを「外部リンク」「内部リンク」「両方」「リンク無し」に分け、リンクの有無による投稿スコアやベストアンサー率の調査を行った。調査の結果、内部リンクと外部リンクを併用して使用した際の評価が最も高かった。

今後の課題として、投稿のより詳細な分類が挙げられる。質問に対するコメントにおけるリンクカテゴリ、コメントを省いた回答内容におけるリンクカテゴリのように、調査対象を詳細にすることで、リンクの影響をより詳細に調査できる。また、リンクを含むコメントが付与された後の回答など、リンクを含む投稿が行われた後の活動を調査することで、リンクがユーザの行動に及ぼした影響も調査できる。これらの結果を利用して、最終的にはリンクの観点から、質問や回答の質を評価する仕組みを構築していきたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP24K20905, JP24K02921, JP25K03100, JP23K28065 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Deheng Ye, Zhenchang Xing, and Nachiket Kapre. The structure and dynamics of knowledge network in domain-specific q&a sites: a case study of stack overflow. *Empirical Softw. Engg.*, Vol. 22, No. 1, p. 375–406, 2017.
- [2] Sebastian Baltes, Christoph Treude, and Martin P. Robillard. Contextual documentation referencing on stack overflow. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 48, No. 1, pp. 135–149, 2022.
- [3] Jiakun Liu, Sebastian Baltes, Christoph Treude, David Lo, Yun Zhang, and Xin Xia. Characterizing search activities on stack overflow. In *in Proc. of the 29th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*, p. 919–931, 2021.
- [4] Ashton Anderson, Daniel Huttenlocher, Jon Kleinberg, and Jure Leskovec. Discovering value from community activity on focused question answering sites: a case study of stack overflow. In *in Proc. of the 18th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, p. 850–858, 2012.
- [5] Muhammad Ahasanuzzaman, Muhammad Asaduzzaman, Chanchal K. Roy, and Kevin A. Schneider. Mining duplicate questions in stack overflow. In *in Proc. of the 13th International Conference on Mining Software Repositories*, p. 402–412, 2016.
- [6] Jiakun Liu, Xin Xia, David Lo, Haoxiang Zhang, Ying Zou, Ahmed E. Hassan, and Shaping Li. Broken external links on stack overflow. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 48, No. 9, pp. 3242–3267, 2022.
- [7] Carlos Gómez, Brendan Cleary, and Leif Singer. A study of innovation diffusion through link sharing on stack overflow. In *in Proc. of the 10th Working Conference on Mining Software Repositories*, p. 81–84, 2013.
- [8] 白木大貴, 横原絵里奈, 小野景子. Stack overflow における検索支援を目的とした参照関係可視化システムの提案. ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2024, 第 2024 巻, pp. 45–54, 2024.