（Affiliations）茨城工業高等専門学校
国際創造工学科　一般教養部

空間内の動的な点/曲線/曲面のトポロジーと高分子/量子情報/圏論化における新手法の開発

Name	伊藤　昇	E-mail	nito@ibaraki-ct.ac.jp
Status	講師		
Affiliations 所属学会・協会	日本数学会		
Keywords	トポロジー，空間内の動く点，空間曲線/曲面，結び目，不変量，量子誤り訂正，高分子に現れるグラフ，圏論化		
Technical Support Skills 技術相談・提供可能技術	・トポロジー全般の知識相談 ・3 次元空間や 2 次元空間における曲線や曲面を入力して数や文字式を出力する関数のカスタマイズ ・ホモロジーに関する相談，暗号に関する相談		
Message to the Industry 産業界へのメッセージ	本研究室では3次元空間や2次元空間における曲線や曲面を入力して数や文字式を出力する関数を新しく作成したり，カスタマイズしています．研究室代表の博士論文が海外研究者により「量子誤り訂正理論」に応用されております．		

Research Contents　量子トポロジー，結び目関数，トポロジーにおける逆問題

皆さんは，ぱっと見ただけではわからない図形をどう捉えるでしょうか？

世の中には小さすぎて見えないもの，大きすぎて見えないもの，複雑すぎて見えないもの，動いていて見えないもの，構造の背後に隠されたルール…などなど「見えないもの」には様々なものがあるでしょう． 当研究室では，そうした一見しただけでは到底とらえられないような曲線，曲面の複雑さや背後にある幾何学的構造を最先端の量子トポロジーを用いて調べています．

これまで解決している代表的な問題

1. バシリエフスケイン関係式の圏論化
2. 色付きジョーンズ多項式に対応する整数係数2重複体link homologyの存在問題の肯定的解決
3. 量子情報に応用されている結び目ホモロジーの構成
4. 交代結び目のクロスキャップ数の決定（1958年の村杉以来の等式）
5. 非自明なfree knotsの体系的な構成法の発見（トゥラエフ予想）
6. self-tangencyの独立性を示す新無限列の発見（オストランド予想）．
7. Arnold不変量と回転数が一致する Legendrian knot の無限列の構成（曲線を力学系の視点で結び目として捉える）
8. 32種類の特異点のジャンプに対する不変量自動作成の新方法(曲線の複雑度を図る関数の構築)

詳細説明：TQFT に対してニュートラルな Bar-Natan の構成による Khovanov homology の上で交差交換に対応する種数 1 射を導入し，圏論化した Vassiliev skein 関係式（長完全列）を表す cobordism を得ました（上記 1）．colored Jones 多項式のホバノフホモロジーにおける 2003-2005 年以来の懸案「Khovanov bicomplex の存在問題」に肯定解の一つを与えました（上記 2）．村杉邦男（1958），Crowell（1959）によって交代結び目種数は向きづけ可能な場合には決定されている一方で，向きづけ不可能の場合について，村杉以降，手法が限定されており長い間未解決であった問題を解決しました（証明は全て伊藤による，上記 4）．バシリエフ不変量（= knot の完全不変量を与える普遍不変量と呼ばれ積分表示とも相性が良いもの）を一般係数に拡張して，「free knot のクラスでは Gauss 図式による体係数バシリエフ型不変量が出ない」とされる障壁を克服し，基点付き free knot に対する Z/2Z 不変量を取り出しました．（トゥラエフ予想の構成的解決，上記 5）．バシリエフ予想を特異論として結び射影図の特異点まで拡張したときに「self-tangency の独立性を検知する有限型不変量はある/ない」が問題になるが，self-tangency の独立性を検知する不変量を定義し非自明であることを証明しました（オストランド予想の構成的解決，上記 6）．Legendrian 結び目の判別の問題については微分トポロジーの観点から長い間問題となっているが，円周束における切断円盤へ Kirby surgery 込みの結び目射影図の新図示法において Arnold 不変量と回転数を変えない結び目無限列を発見しました（上記 7）．平面曲線のホモトピーに現れる深さ 1 の特異点（5 種）に対応して 32（=2 の 5 乗）通りの同値関係が考えられ，このいずれを選んでも「次数付き Z-module の線形代数」によって計算できる自動的な不変量無限列構成法を初めて与えました．例えば正結び目の不変量や Legendrian knot の不変量が得られ，また Goussarov-Polyak-Viro 予想 n=3 の肯定的解決にも貢献しました（上記 8）．