Go Conference
2022 Spring

database/sqlの仕組みについて

Takuma Shibuya

自己紹介

Takuma Shibuya

Twitter @sivchari
GitHub sivchari

Company: Cyber Agent

Contributor

Go
Kubernetes
golangci-lint

Go Conference 2021 Autumn
Go COnference 2022 Spring

内容

- database/sqlの概要
- database/sqlの内部実装
- goroutine safeなコネクションプールの管理

01 database/sqlの概要

database/sqlって何？

- Goが提供するDB操作を行うための標準パッケージ

- 実際に利用する際はdatabase/sqlと任意のSQL Driverを用い、database/sqlを介して利用する

- database/sqlはSQL(or SQL-Like)のためのinterfaceを提供している
  → MySQLのように特定の実装をしていない
  → 具体的な実装は各SQL Driverが実装する(interfaceを満たせばOK)
  (e.g. go-sql-driver(MySQL), pq(PostgreSQL), sqlite3(SQLite3))
  公式のwikiには56個掲載されている

ORM

- GORM
  - GORMが提供しているDriverがdatabase/sqlを満たすように実装している
- Ent
  - database/sqlの実装をラップして拡張している

→ ORMはdatabase/sqlとサポートするdriverをラップすることでinterfaceを満たしながら機能を拡張している

02　database/sqlの内部実装

サンプルコード

```
package main

import (
	"context"
	"database/sql"

	_ "github.com/go-sql-driver/mysql"
)

func main() {
	ctx := context.Background()
	db, _ := sql.Open("mysql", "dsn")
	_ = db.PingContext(ctx)
}
```

サンプルコード

```
package main

import (
	"context"
	"database/sql"

	_ "github.com/go-sql-driver/mysql"
)

func main() {
	ctx := context.Background()
	db, _ := sql.Open("mysql", "dsn")
	_ = db.PingContext(ctx)
}
```

Blank import

Go言語仕様

インポート宣言は、インポートするパッケージとインポートされるパッケージの依存関係を宣言するものである。パッケージがそれ自身を直接または間接的にインポートすることや、エクスポートされた識別子を一切参照せずにパッケージを直接インポートすることは違法です。パッケージの副作用(初期化)のためだけにパッケージをインポートするには、明示的なパッケージ名として空白の識別子を使用します。

Blank import

Go言語仕様

インポート宣言は、インポートするパッケージとインポートされるパッケージの依存関係を宣言するものである。パッケージがそれ自身を直接または間接的にインポートすることや、エクスポートされた識別子を一切参照せずにパッケージを直接インポートすることは違法です。パッケージの副作用(初期化)のためだけにパッケージをインポートするには、明示的なパッケージ名として空白の識別子を使用します。

パッケージの副作用[初期化]

- Goのinitは組み込みの初期化関数
- 依存先のパッケージにinitがある場合先に依存先が解決される
- initを同一パッケージで複数書いた場合上に書いてあるnitから順番に解決される

サンプルコード

```
package main

import (
	"context"
	"database/sql"

	_ "github.com/go-sql-driver/mysql"
)

func main() {
	ctx := context.Background()
	db, _ := sql.Open("mysql", "dsn")
	_ = db.PingContext(ctx)
}
```

mysql/driver.go

```
func init() {
	sql.Register("mysql", &MySQLDriver{})
}
```

mysql/driver.go

```
func init() {
	sql.Register("mysql", &MySQLDriver{})
}
```

sql.go

```
// Register makes a database driver available by the provided name.
// If Register is called twice with the same name or if driver is nil,
// it panics.

// 和訳
// Registerは与えられたname引数から利用可能なdatabase driverを作成します。
// もしRegisterが同じname引数で2度呼ばれたり、nilであればpanicします。
func Register(name string, driver driver.Driver) {
	driversMu.Lock()
	defer driversMu.Unlock()
	if driver == nil {
		panic("sql: Register driver is nil")
	}
	if _, dup := drivers[name]; dup {
		panic("sql: Register called twice for driver " + name)
	}
	drivers[name] = driver
}
```

sql.go

```
// Register makes a database driver available by the provided name.
// If Register is called twice with the same name or if driver is nil,
// it panics.

// 和訳
// Registerは与えられたname引数から利用可能なdatabase driverを作成します。
// もしRegisterが同じname引数で2度呼ばれたり、nilであればpanicします。
func Register(name string, driver driver.Driver) {
	driversMu.Lock()
	defer driversMu.Unlock()
	if driver == nil {
		panic("sql: Register driver is nil")
	}
	if _, dup := drivers[name]; dup {
		panic("sql: Register called twice for driver " + name)
	}
	drivers[name] = driver
}
```

sql.go

```
// Register makes a database driver available by the provided name.
// If Register is called twice with the same name or if driver is nil,
// it panics.

// 和訳
// Registerは与えられたname引数から利用可能なdatabase driverを作成します。
// もしRegisterが同じname引数で2度呼ばれたり、nilであればpanicします。
func Register(name string, driver driver.Driver) {
	driversMu.Lock()
	defer driversMu.Unlock()
	if driver == nil {
		panic("sql: Register driver is nil")
	}
	if _, dup := drivers[name]; dup {
		panic("sql: Register called twice for driver " + name)
	}
	drivers[name] = driver
}
```

sql.go

```
// Register makes a database driver available by the provided name.
// If Register is called twice with the same name or if driver is nil,
// it panics.

// 和訳
// Registerは与えられたname引数から利用可能なdatabase driverを作成します。
// もしRegisterが同じname引数で2度呼ばれたり、nilであればpanicします。
func Register(name string, driver driver.Driver) {
	driversMu.Lock()
	defer driversMu.Unlock()
	if driver == nil {
		panic("sql: Register driver is nil")
	}
	if _, dup := drivers[name]; dup {
		panic("sql: Register called twice for driver " + name)
	}
	drivers[name] = driver
}
```

sql.go

```
// Register makes a database driver available by the provided name.
// If Register is called twice with the same name or if driver is nil,
// it panics.

// 和訳
// Registerは与えられたname引数から利用可能なdatabase driverを作成します。
// もしRegisterが同じname引数で2度呼ばれたり、nilであればpanicします。
func Register(name string, driver driver.Driver) {
	driversMu.Lock()
	defer driversMu.Unlock()
	if driver == nil {
		panic("sql: Register driver is nil")
	}
	if _, dup := drivers[name]; dup {
		panic("sql: Register called twice for driver " + name)
	}
	drivers[name] = driver
}
```

同じname引数で2度呼んでみる

```
package main

import (
	"database/sql"

	// initで"mysql"をkeyとしてすでにRegisterが呼ばれている。
	"github.com/go-sql-driver/mysql"
)


func init() {
	sql.Register("mysql", &mysql.MySQLDriver{})
}

func main() {
}
```

同一DB DriverのRegisterを防ぐ

- go-mysql
- go-sql-driver

サンプルコード

```
package main

import (
	"context"
	"database/sql"

	_ "github.com/go-sql-driver/mysql"
)

func main() {
	ctx := context.Background()
	db, _ := sql.Open("mysql", "dsn")
	_ = db.PingContext(ctx)
}
```

sql.Open

```
func Open(driverName, dataSourceName string) (*DB, error) {
	driversMu.RLock()
	driveri, ok := drivers[driverName]
	driversMu.RUnlock()
	if !ok {
		return nil, fmt.Errorf("sql: unknown driver %q (forgotten import?)", driverName)
	}

	if driverCtx, ok := driveri.(driver.DriverContext); ok {
		connector, err := driverCtx.OpenConnector(dataSourceName)
		if err != nil {
			return nil, err
		}
		return OpenDB(connector), nil
	}

	return OpenDB(dsnConnector{dsn: dataSourceName, driver: driveri}), nil
}
```

sql.Open

```
func Open(driverName, dataSourceName string) (*DB, error) {
	driversMu.RLock()
	driveri, ok := drivers[driverName]
	driversMu.RUnlock()
	if !ok {
		return nil, fmt.Errorf("sql: unknown driver %q (forgotten import?)", driverName)
	}

	if driverCtx, ok := driveri.(driver.DriverContext); ok {
		connector, err := driverCtx.OpenConnector(dataSourceName)
		if err != nil {
			return nil, err
		}
		return OpenDB(connector), nil
	}

	return OpenDB(dsnConnector{dsn: dataSourceName, driver: driveri}), nil
}
```

sql.Open

```
func Open(driverName, dataSourceName string) (*DB, error) {
	driversMu.RLock()
	driveri, ok := drivers[driverName]
	driversMu.RUnlock()
	if !ok {
		return nil, fmt.Errorf("sql: unknown driver %q (forgotten import?)", driverName)
	}

	if driverCtx, ok := driveri.(driver.DriverContext); ok {
		connector, err := driverCtx.OpenConnector(dataSourceName)
		if err != nil {
			return nil, err
		}
		return OpenDB(connector), nil
	}

	return OpenDB(dsnConnector{dsn: dataSourceName, driver: driveri}), nil
}
```

OpenDB

- driver.DriverContextを満たしていればDBコネクションを取得する

- 実際にconnectionを取得するopenNewConnectionでは内部で抽象化されたConnectを呼ぶ
  → Driverの実装に依存するため、Ping/PingContextを呼ぶようにコメントされている

サンプルコード

```
package main

import (
	"context"
	"database/sql"

	_ "github.com/go-sql-driver/mysql"
)

func main() {
	ctx := context.Background()
	db, _ := sql.Open("mysql", "dsn")
	_ = db.PingContext(ctx)
}
```

Ping

```
func (db *DB) Ping() error {
        return db.PingContext(context.Background())
}
```

PingContext

```
func (db *DB) PingContext(ctx context.Context) error {
	var dc *driverConn
	var err error
	var isBadConn bool
	for i := 0; i < maxBadConnRetries; i++ {
		dc, err = db.conn(ctx, cachedOrNewConn)
		isBadConn = errors.Is(err, driver.ErrBadConn)
		if !isBadConn {
			break
		}
	}
	if isBadConn {
		dc, err = db.conn(ctx, alwaysNewConn)
	}
	if err != nil {
		return err
	}

	return db.pingDC(ctx, dc, dc.releaseConn)
}
```

PingContext

```
func (db *DB) PingContext(ctx context.Context) error {
        var dc *driverConn
        var err error
        var isBadConn bool
        for i := 0; i < maxBadConnRetries; i++ {
                dc, err = db.conn(ctx, cachedOrNewConn)
                isBadConn = errors.Is(err, driver.ErrBadConn)
                if !isBadConn {
                        break
                }
        }
        if isBadConn {
                dc, err = db.conn(ctx, alwaysNewConn)
        }
        if err != nil {
                return err
        }

        return db.pingDC(ctx, dc, dc.releaseConn)
}
```

PingContext

```
func (db *DB) PingContext(ctx context.Context) error {
        var dc *driverConn
        var err error
        var isBadConn bool
        for i := 0; i < maxBadConnRetries; i++ {
                dc, err = db.conn(ctx, cachedOrNewConn)
                isBadConn = errors.Is(err, driver.ErrBadConn)
                if !isBadConn {
                        break
                }
        }
        if isBadConn {
                dc, err = db.conn(ctx, alwaysNewConn)
        }
        if err != nil {
                return err
        }

        return db.pingDC(ctx, dc, dc.releaseConn)
}
```

PingContext

```
func (db *DB) PingContext(ctx context.Context) error {
	var dc *driverConn
	var err error
	var isBadConn bool
	for i := 0; i < maxBadConnRetries; i++ {
		dc, err = db.conn(ctx, cachedOrNewConn)
		isBadConn = errors.Is(err, driver.ErrBadConn)
		if !isBadConn {
			break
		}
	}
	if isBadConn {
		dc, err = db.conn(ctx, alwaysNewConn)
	}
	if err != nil {
		return err
	}

	return db.pingDC(ctx, dc, dc.releaseConn)
}
```

db.pingDC

```
func (db *DB) pingDC(ctx context.Context, dc *driverConn, release func(error)) error {
	var err error
	if pinger, ok := dc.ci.(driver.Pinger); ok {
		withLock(dc, func() {
			err = pinger.Ping(ctx)
		})
	}
	release(err)
	return err
}
```

db.pingDC

```
func (db *DB) pingDC(ctx context.Context, dc *driverConn, release func(error)) error {
	var err error
	if pinger, ok := dc.ci.(driver.Pinger); ok {
		withLock(dc, func() {
			err = pinger.Ping(ctx)
		})
	}
	release(err)
	return err
}
```

db.pingDC

```
func (db *DB) pingDC(ctx context.Context, dc *driverConn, release func(error)) error {
	var err error
	if pinger, ok := dc.ci.(driver.Pinger); ok {
		withLock(dc, func() {
			err = pinger.Ping(ctx)
		})
	}
	release(err)
	return err
}
```

releaseConn

```
func (dc *driverConn) releaseConn(err error) {
        dc.db.putConn(dc, err, true)
}
```

03 goroutine safeなコネクションプールの管理

goroutine safe

sql.DB

DB is a database handle representing a pool of zero or more underlying connections. It's safe for concurrent use by multiple goroutines.

sql.DBはgoroutine safeであることを保証している(e.g. net/http)

もし対策していないとリクエストごとのgoroutineがコネクションプールを操作するためraceが発生する可能性がある。

E.g.
https://github.com/golang/go/blob/b55a2fb3b0d67b346bac871737b862f16e5a6447/src/net/http/server.go#L3010

Goals of the sql and sql/driver package

- 並行処理をうまく処理する。ユーザーはデータベースの接続ごとのスレッドセーフ(goroutine safe)の問題を気にするべきではなく、コネクションプールを自分で管理すべきでもない。

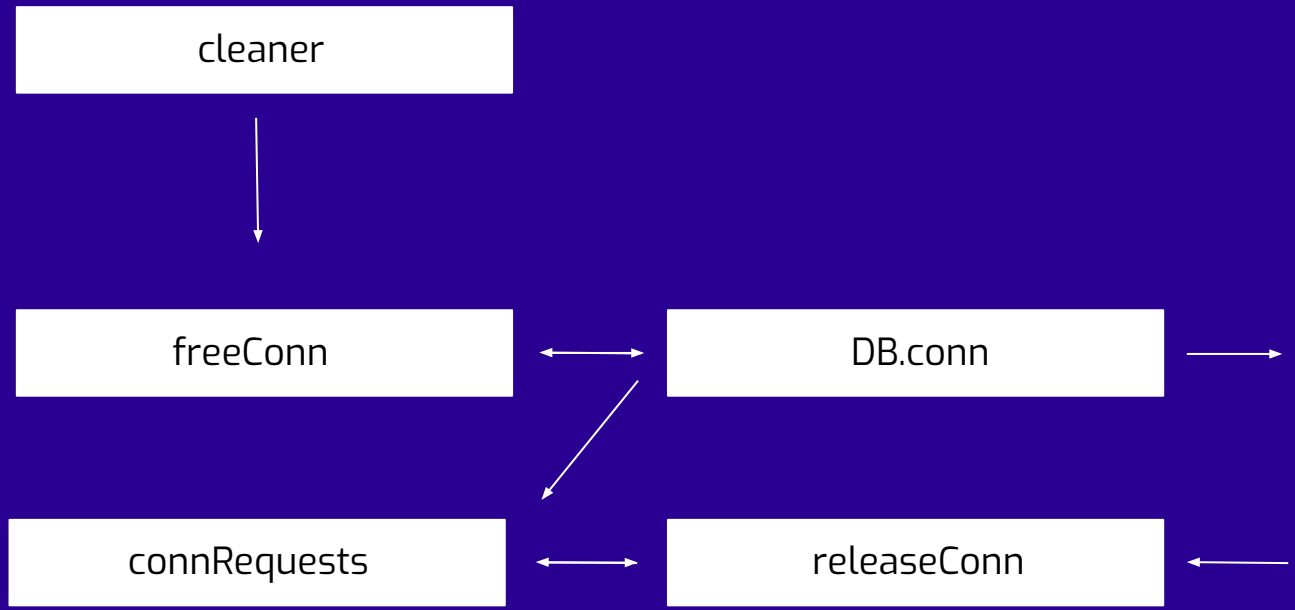
- sql.DBはインスタンスを共有することが可能であるべき。

- 複数のgoroutineが余分な同期を取る必要がない。

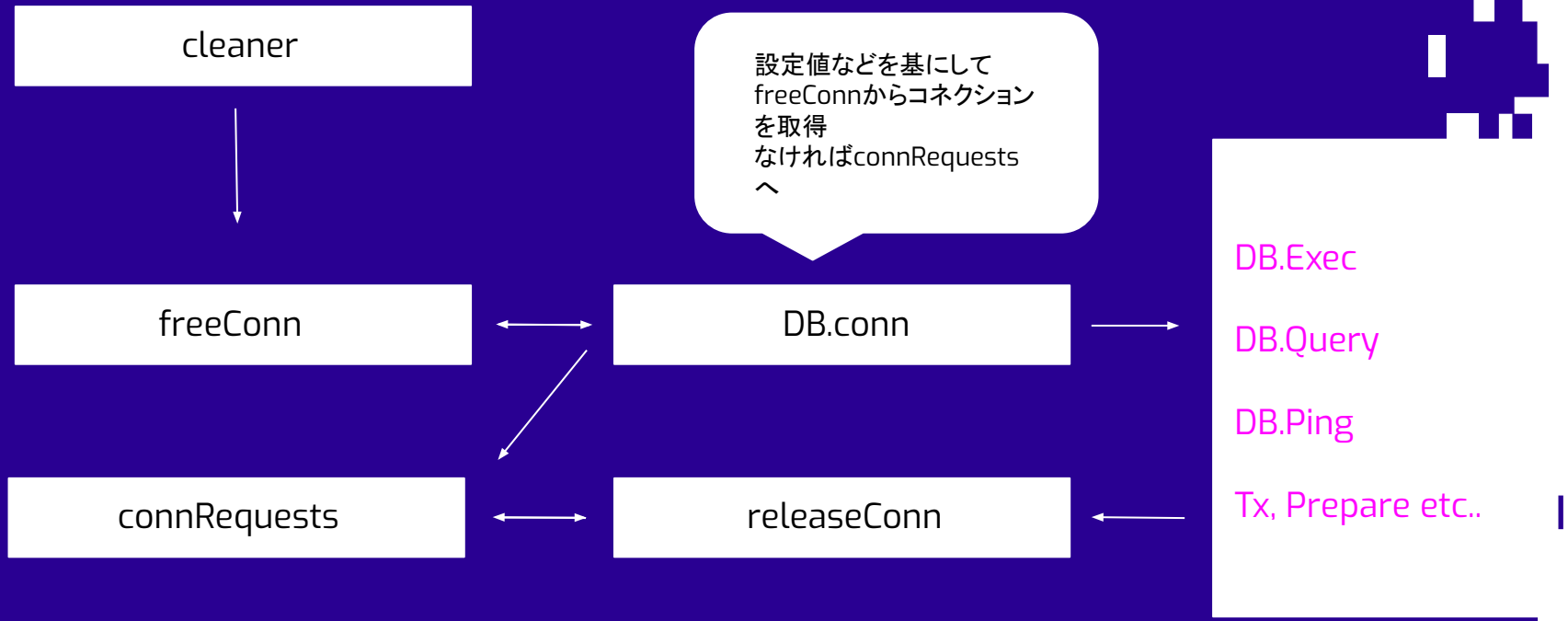
登場人物

- mu sync.Mutex sql.DBをgoroutine safeにするためのMutex
- freeConn []*driverConn idle状態のconnection, 空きがあればここから使う
- connRequests map[uint64]chan connRequest freeConnに空きがない時の待ち行列
- nextRequest uint64 待ち行列から次に実行するconnRequest
- cleanerCh chan struct{} SetConnMaxIdleTime, SetConnMaxLifeTimeの値などでfreeConnをcleanにする
- func (db *DB) connectionCleaner() {} cleanerCh、SetConnMaxXXXの値などで定期実行する

相関図


cleaner
freeConn
DB.conn
connRequests
releaseConn
DB.Exec
DB.Query
DB.Ping
Tx, Prepare etc..

相関図


cleaner
設定値などを基にして
freeConnからコネクション
を取得
なければconnRequests
へ
freeConn
DB.conn
connRequests
releaseConn
DB.Exec
DB.Query
DB.Ping
Tx, Prepare etc..

DB.Exec/ExecContext → DB.exec → db.conn

```
func (db *DB) exec(ctx context.Context, quey string, args []any, strategy connReuseStrategy) (Result, error) {
	dc, err := db.conn(ctx, strategy)
	if err != nil {
		return nil, err
	}
	return db.execDC(ctx, dc, dc.releaseConn, query, args)
}
```

DB.Query/QueryContext → DB.query → db.conn

```
func (db *DB) query(ctx context.Context, query string, args []any, strategy connReuseStrategy)
(*Rows, error) {
	dc, err := db.conn(ctx, strategy)
	if err != nil {
		return nil, err
	}

	return db.queryDC(ctx, nil, dc, dc.releaseConn, query, args)
}
```

DB.conn

```
if strategy == cachedOrNewConn && last >= 0 {
        // Reuse the lowest idle time connection so we can close
        // connections which remain idle as soon as possible.
        conn := db.freeConn[last]
        db.freeConn = db.freeConn[:last]
        conn.inUse = true
        if conn.expired(lifetime) {
                db.maxLifetimeClosed++
                db.mu.Unlock()
                conn.Close()
                return nil, driver.ErrBadConn
        }
        db.mu.Unlock()

        // Reset the session if required.
        if err := conn.resetSession(ctx); errors.Is(err, driver.ErrBadConn) {
                conn.Close()
                return nil, err
        }

        return conn, nil
}
```

DB.conn

```
if strategy == cachedOrNewConn && last >= 0 {
        // Reuse the lowest idle time connection so we can close
        // connections which remain idle as soon as possible.
        conn := db.freeConn[last]
        db.freeConn = db.freeConn[:last]
        conn.inUse = true
        if conn.expired(lifetime) {
                db.maxLifetimeClosed++
                db.mu.Unlock()
                conn.Close()
                return nil, driver.ErrBadConn
        }
        db.mu.Unlock()

        // Reset the session if required.
        if err := conn.resetSession(ctx); errors.Is(err, driver.ErrBadConn) {
                conn.Close()
                return nil, err
        }

        return conn, nil
}
```

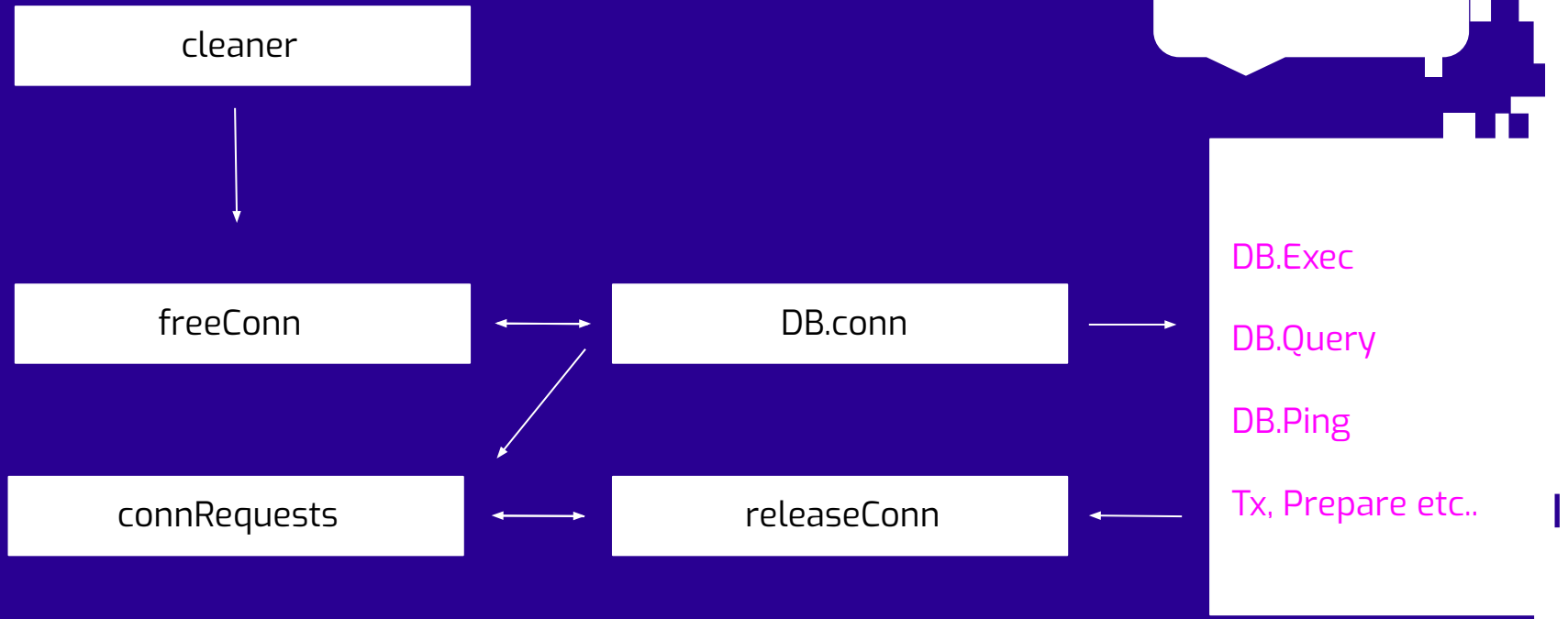
DB.conn

```
if db.maxOpen > 0 && db.numOpen >= db.maxOpen {
        // Make the connRequest channel. It's buffered so that the
        // connectionOpener doesn't block while waiting for the req to be read.
        req := make(chan connRequest, 1)
        reqKey := db.nextRequestKeyLocked()
        db.connRequests[reqKey] = req
        db.waitCount++
        db.mu.Unlock()
}
```

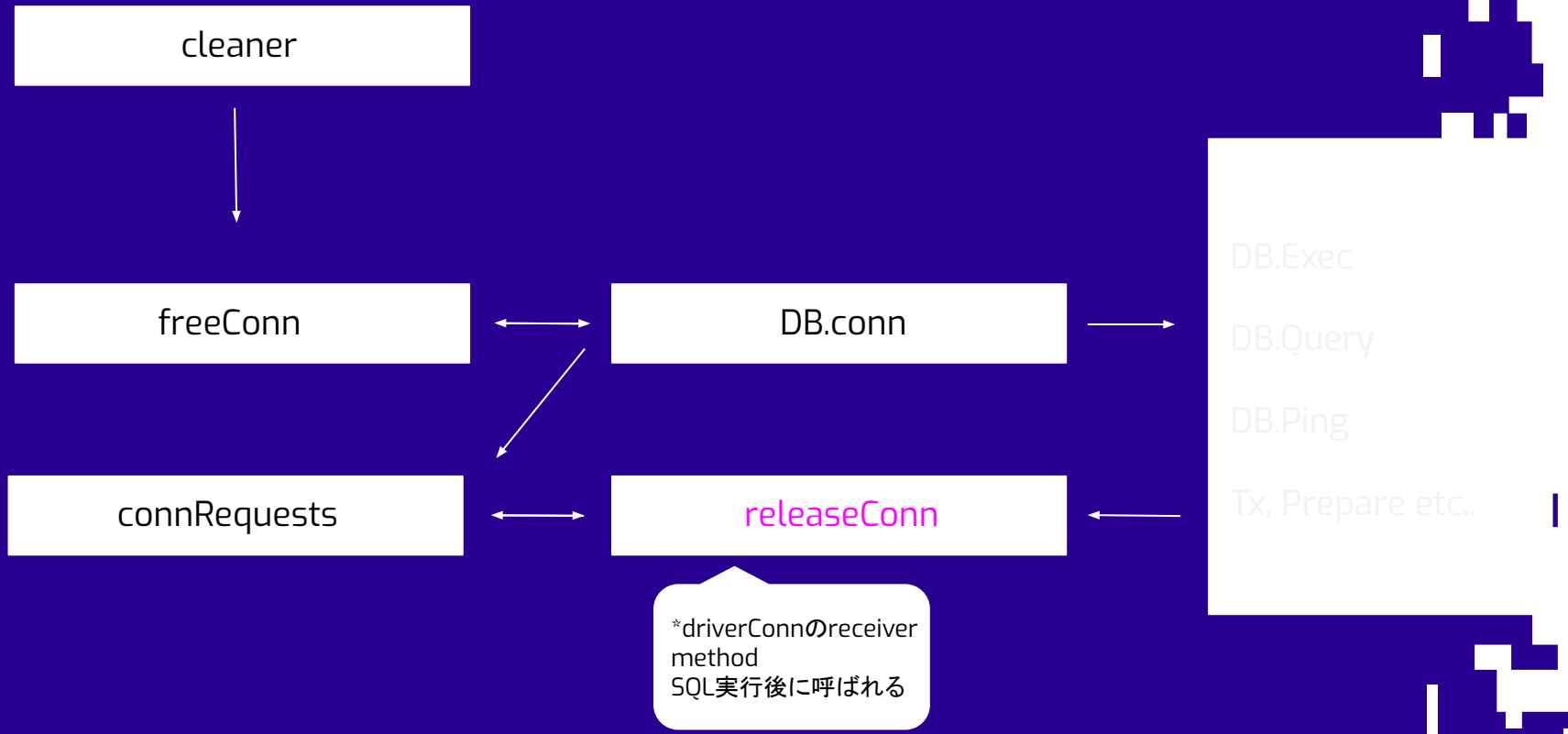
DB.conn

```
if db.maxOpen > 0 && db.numOpen >= db.maxOpen {
        // Make the connRequest channel. It's buffered so that the
        // connectionOpener doesn't block while waiting for the req to be read.
        req := make(chan connRequest, 1)
        reqKey := db.nextRequestKeyLocked()
        db.connRequests[reqKey] = req
        db.waitCount++
        db.mu.Unlock()
}
```

相関図


cleaner
freeConn
DB.conn
connRequests
releaseConn
実行
DB.Exec
DB.Query
DB.Ping
Tx, Prepare etc..

相関図


cleaner
freeConn
DB.conn
connRequests
releaseConn
*driverConnのreceiver method
SQL実行後に呼ばれる
DB.Exec
DB.Query
DB.Ping
Tx, Prepare etc..

releaseConn

```
func (dc *driverConn) releaseConn(err error) {
        dc.db.putConn(dc, err, true)
}
```

putConn

```
dc.inUse = false
dc.returnedAt = nowFunc()
// nowFunc returns the current time; it's overridden in tests. var nowFunc = time.Now


added := db.putConnDBLocked(dc, nil)
db.mu.Unlock()

if !added {
        dc.Close()
        return
}
```

putConn

```
dc.inUse = false
dc.returnedAt = nowFunc()
// nowFunc returns the current time; it's overridden in tests. var nowFunc = time.Now


added := db.putConnDBLocked(dc, nil)
db.mu.Unlock()

if !added {
        dc.Close()
        return
}
```

putConn

```
dc.inUse = false
dc.returnedAt = nowFunc()
// nowFunc returns the current time; it's overridden in tests. var nowFunc = time.Now


added := db.putConnDBLocked(dc, nil)
db.mu.Unlock()

if !added {
        dc.Close()
        return
}
```

db.putConnDBLocked

```
if db.maxOpen > 0 && db.numOpen > db.maxOpen {
        return false
}
if c := len(db.connRequests); c > 0 {
        var req chan connRequest
        var reqKey uint64
        for reqKey, req = range db.connRequests {
                break
        }
        delete(db.connRequests, reqKey) // Remove from pending requests.
        if err == nil {
                dc.inUse = true
        }
        req <- connRequest{
                conn: dc,
                err:  err,
        }
        return true
} else if err == nil && !db.closed {
        if db.maxIdleConnsLocked() > len(db.freeConn) {
                db.freeConn = append(db.freeConn, dc)
                db.startCleanerLocked()
                return true
        }
        db.maxIdleClosed++
}
return false
```

db.putConnDBLocked

```
if db.maxOpen > 0 && db.numOpen > db.maxOpen {
        return false
}
```

db.putConnDBLocked

```
if c := len(db.connRequests); c > 0 {
        var req chan connRequest
        var reqKey uint64
        for reqKey, req = range db.connRequests {
                break
        }
        delete(db.connRequests, reqKey) // Remove from pending requests.
        if err == nil {
                dc.inUse = true
        }
        req <- connRequest{ // DB.connでselect で受け取っている
                conn: dc,
                err:  err,
        }
        return true
 }
```

db.putConnDBLocked

```
} else if err == nil && !db.closed {
        if db.maxIdleConnsLocked() > len(db.freeConn) {
                db.freeConn = append(db.freeConn, dc)
                db.startCleanerLocked()
                return true
        }
        db.maxIdleClosed++
  }
```

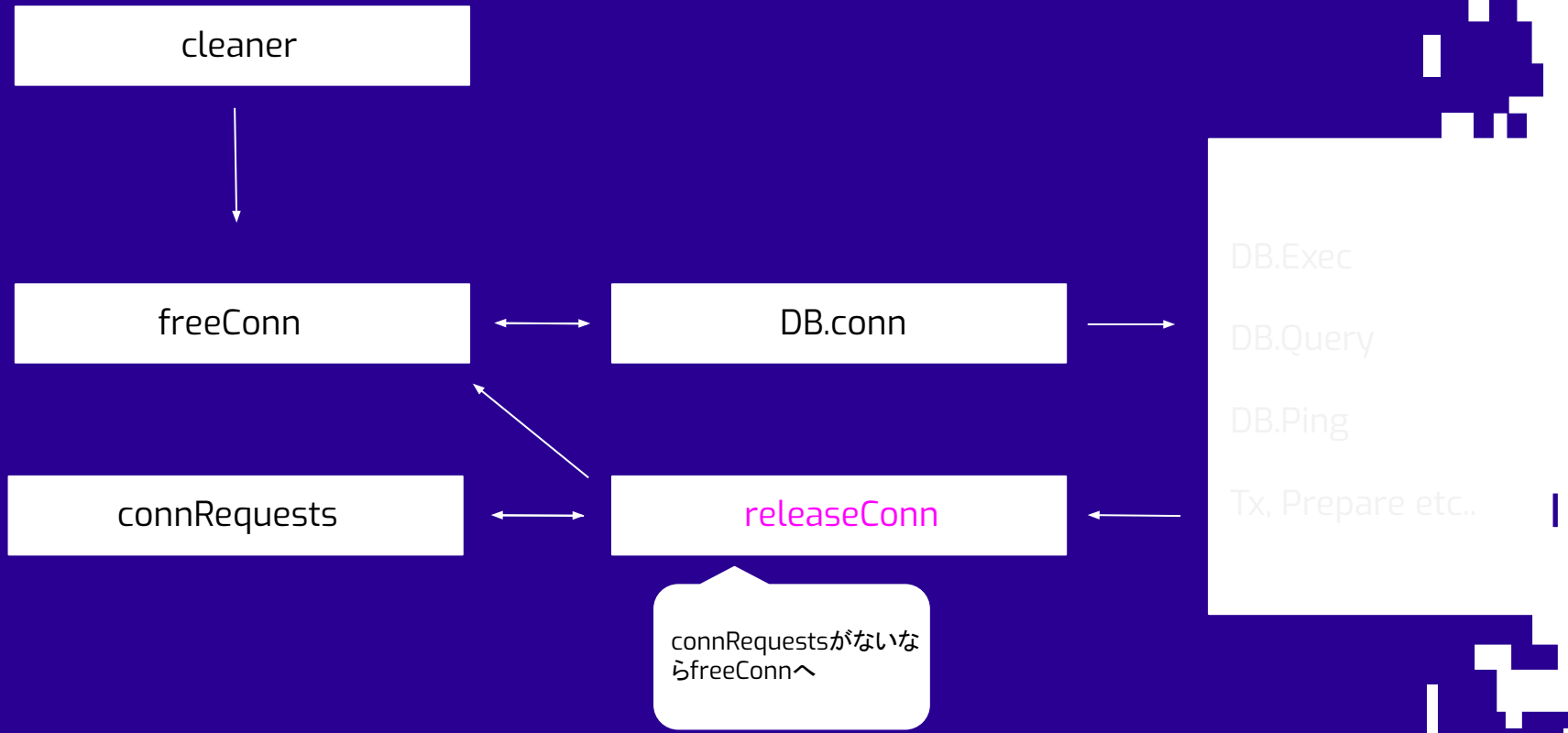
db.putConnDBLocked

```
} else if err == nil && !db.closed {
        if db.maxIdleConnsLocked() > len(db.freeConn) {
                db.freeConn = append(db.freeConn, dc)
                db.startCleanerLocked()
                return true
        }
        db.maxIdleClosed++ // DB.Stats用
  }
```

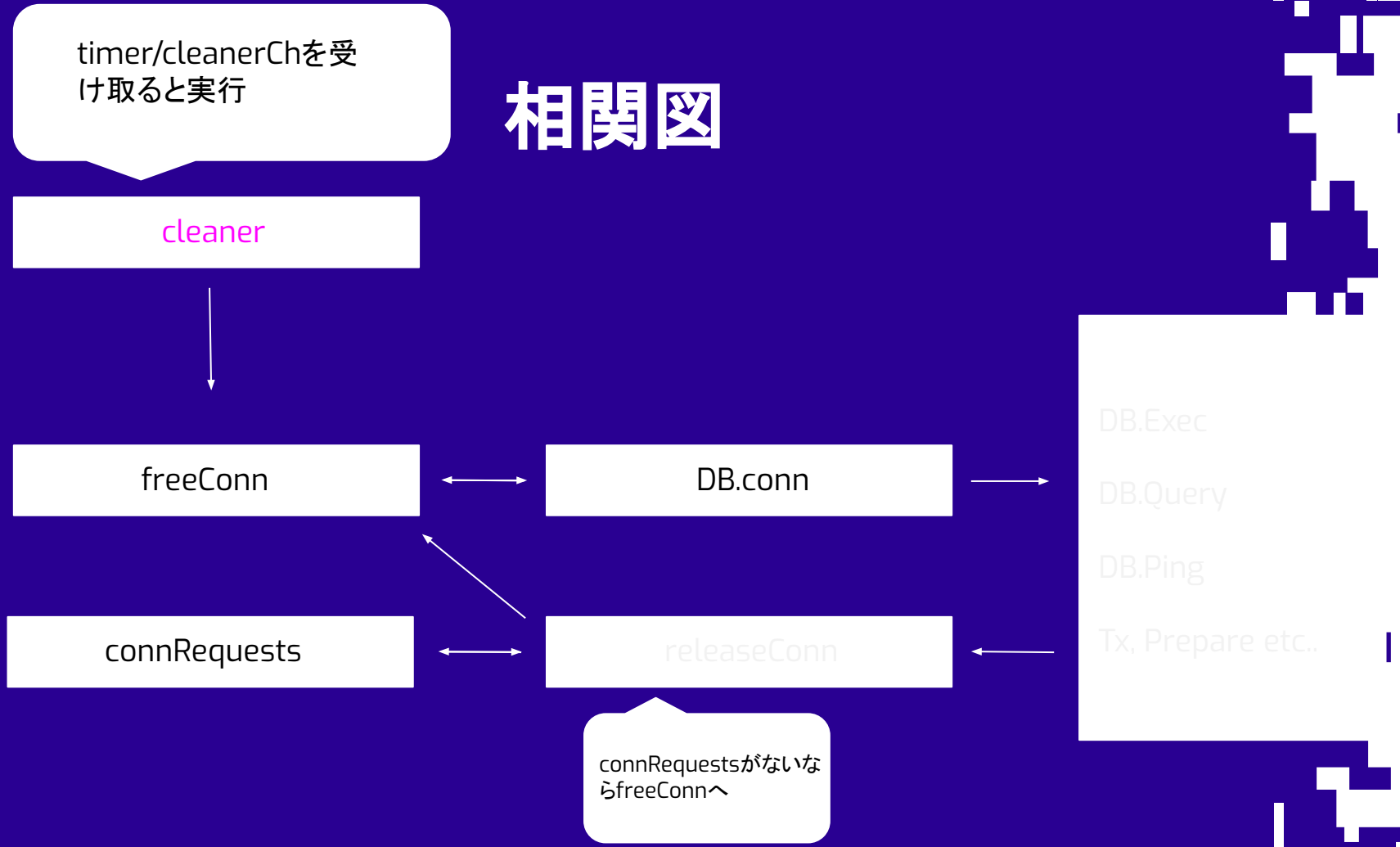
putConn

```
dc.inUse = false
dc.returnedAt = nowFunc()
// nowFunc returns the current time; it's overridden in tests. var nowFunc = time.Now


added := db.putConnDBLocked(dc, nil)
db.mu.Unlock()

if !added {
        dc.Close()
        return
}
```

相関図


cleaner
freeConn
DB.conn
connRequests
releaseConn
connRequestsがないならfreeConnへ
DB.Exec
DB.Query
DB.Ping
Tx, Prepare etc..

相関図


timer/cleanerChを受け取ると実行
cleaner
freeConn
DB.conn
connRequests
releaseConn
connRequestsがないならfreeConnへ
DB.Exec
DB.Query
DB.Ping
Tx, Prepare etc..

DB.startCleanerLocked

```
// startCleanerLocked starts connectionCleaner if needed.
func (db *DB) startCleanerLocked() {
	if (db.maxLifetime > 0 || db.maxIdleTime > 0) && db.numOpen > 0 && db.cleanerCh == nil {
		db.cleanerCh = make(chan struct{}, 1)
		go db.connectionCleaner(db.shortestIdleTimeLocked())
	}
}
```

DB.startCleanerLocked

```
// startCleanerLocked starts connectionCleaner if needed.
func (db *DB) startCleanerLocked() {
	if (db.maxLifetime > 0 || db.maxIdleTime > 0) && db.numOpen > 0 && db.cleanerCh == nil {
		db.cleanerCh = make(chan struct{}, 1)
		go db.connectionCleaner(db.shortestIdleTimeLocked())
	}
}
```

DB.connectionCleaner

```
func (db *DB) connectionCleaner(d time.Duration) {
	for {
		select {
		case <-t.C:
		case <-db.cleanerCh: // maxLifetime was changed or db was closed.
		}

		d, closing := db.connectionCleanerRunLocked(d)
		db.mu.Unlock()
		for _, c := range closing {
			c.Close()
		}
	}
}
```

DB.connectionCleaner

```
func (db *DB) connectionCleaner(d time.Duration) {
	for {
		select {
		case <-t.C:
		case <-db.cleanerCh: // maxLifetime was changed or db was closed.
		}

		d, closing := db.connectionCleanerRunLocked(d)
		db.mu.Unlock()
		for _, c := range closing {
			c.Close()
		}
	}
}
```

DB.connectionCleaner

```
func (db *DB) connectionCleaner(d time.Duration) {
	for {
		select {
		case <-t.C:
		case <-db.cleanerCh: // maxLifetime was changed or db was closed.
		}

		d, closing := db.connectionCleanerRunLocked(d)
		db.mu.Unlock()
		for _, c := range closing {
			c.Close()
		}
	}
}
```

DB.connectionCleanerRunLocked

```
func (db *DB) connectionCleanerRunLocked(d time.Duration) (time.Duration, []*driverConn) {
	var closing []*driverConn
	if db.maxIdleTime > 0 {
		for i := last; i >= 0; i-- {
			// snip
			closing = db.freeConn[:i:i]
		}
	}

	if db.maxLifetime > 0 {
		for i := 0; i < len(db.freeConn); i++ {
			if c.createdAt.Before(expiredSince) {
				closing = append(closing, c)
			}
		}
	}
	return d, closing
}
```

DB.connectionCleanerRunLocked

```
func (db *DB) connectionCleanerRunLocked(d time.Duration) (time.Duration, []*driverConn) {
	var closing []*driverConn
	if db.maxIdleTime > 0 {
		for i := last; i >= 0; i-- {
			// snip
			closing = db.freeConn[:i:i]
		}
	}

	if db.maxLifetime > 0 {
		for i := 0; i < len(db.freeConn); i++ {
			if c.createdAt.Before(expiredSince) {
				closing = append(closing, c)
			}
		}
	}
	return d, closing
}
```

DB.connectionCleaner

```
func (db *DB) connectionCleaner(d time.Duration) {
	for {
		select {
		case <-t.C:
		case <-db.cleanerCh: // maxLifetime was changed or db was closed.
		}

		d, closing := db.connectionCleanerRunLocked(d)
		db.mu.Unlock()
		for _, c := range closing {
			c.Close()
		}
	}
}
```

まとめ

- database/sqlの拡張性の高さ
  - Interfaceをどのように使うか
  - 抽象的に書くことであらゆるDBに対応できる
- Goのtips的な書き方
  - time.NowをnowFuncとして置いておく
  - for rangeで最後のconnを取得する
- Goの言語仕様への理解
  - Blank import

Thank you for watching !